# CAMBIO CLIMÁTICO 2007

## INFORME DE SÍNTESIS




Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático



# Cambio climático 2007
## Informe de síntesis

*Edición a cargo de*

---


| **Equipo de redacción principal** | **Rajendra K. Pachauri** | **Andy Reisinger** |
|---|---|---|
| Informe de síntesis | Presidente | Jefe, Dependencia de Apoyo Técnico |
| IPCC | IPCC | Informe de síntesis, IPCC |

**Equipo de redacción principal**

Lenny Bernstein, Peter Bosch, Osvaldo Canziani, Zhenlin Chen, Renate Christ, Ogunlade Davidson, William Hare, Saleemul Huq, David Karoly, Vladimir Kattsov, Zbigniew Kundzewicz, Jian Liu, Ulrike Lohmann, Martin Manning, Taroh Matsuno, Bettina Menne, Bert Metz, Monirul Mirza, Neville Nicholls, Leonard Nurse, Rajendra Pachauri, Jean Palutikof, Martin Parry, Dahe Qin, Nijavalli Ravindranath, Andy Reisinger, Jiawen Ren, Keywan Riahi, Cynthia Rosenzweig, Matilde Rusticucci, Stephen Schneider, Youba Sokona, Susan Solomon, Peter Stott, Ronald Stouffer, Taishi Sugiyama, Rob Swart, Dennis Tirpak, Coleen Vogel, Gary Yohe

---

**Dependencia de Apoyo Técnico al Informe de síntesis:**

Andy Reisinger, Richard Nottage, Prima Madan



***Referencia del presente informe***

IPCC, 2007: *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.





***Publicado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático***



PUBLICADO POR EL GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

© Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2008

Primera impresión, 2008

ISBN 92-9169-322-7

El IPCC se reserva el derecho de publicación en forma impresa, electrónica o de otro tipo y en cualquier idioma. Pueden reproducirse pasajes breves de las publicaciones del IPCC sin autorización siempre que se indique claramente la fuente completa. La correspondencia editorial, así como todas las solicitudes para publicar, reproducir o traducir artículos parcial o totalmente deberán dirigirse al:

IPCC
c/o Organización Meteorológica Mundial (OMM)
7 bis, avenue de la Paix    Tel.: +41 22 730 8208
Case postale 2300    Fax.: +41 22 730 8025
CH-1211 Ginebra 2, Suiza    Correo electrónico: IPCC-Sec@wmo.int

Las denominaciones empleadas en la presente publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contienen no entrañan, de parte del IPCC, juicio alguno sobre la condición jurídica de ninguno de los países, territorios, ciudades o zonas citados o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

La mención de determinados productos o sociedades mercantiles no implica que el IPCC los favorezca o recomiende con preferencia a otros análogos que no se mencionan ni se anuncian.

Impreso en Suecia



El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático fue conjuntamente galardonado con el Premio Nobel de la Paz 2007

© La Fundación Nobel. El Premio Nobel® y el diseño de la medalla del Premio Nobel® son marcas registradas de la Fundación Nobel.

# Prólogo

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) fue establecido conjuntamente en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) con el mandato de analizar la información científica necesaria para abordar el problema del cambio climático y evaluar sus consecuencias medioambientales y socioeconómicas, y de formular estrategias de respuesta realistas. Desde aquellas fechas, las evaluaciones del IPCC, publicadas en varios volúmenes, han desempeñado un papel primordial ayudando a los gobiernos a adoptar y aplicar políticas de respuesta al cambio climático, y particularmente en respuesta a las necesidades de asesoramiento fidedigno de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), constituida en 1992, y de su Protocolo de Kyoto de 1997.

Desde su establecimiento, el IPCC ha producido una serie de informes de evaluación (1990, 1995, 2001, y el presente Informe, en 2007), Informes Especiales, Documentos Técnicos y Guías Metodológicas que son ya obras de referencia de uso común, ampliamente utilizadas por responsables de políticas, científicos, y otros expertos y estudiosos. Entre los más recientes cabe señalar dos Informes Especiales ("La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono", "La protección de la capa de ozono y el sistema climático mundial") publicados en 2005, así como las Directrices sobre inventarios nacionales de gases de efecto invernadero ("IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories"), reeditado en 2006. Está en preparación un Documento Técnico sobre "El cambio climático y el agua".

El presente Informe de síntesis (IDS), adoptado en Valencia, España, el 17 de noviembre de 2007, completa el Cuarto Informe de Evaluación (CIE), en cuatro volúmenes, publicado en sucesivas entregas a lo largo del año, con el título "Cambio climático 2007". En él se resumen las conclusiones de los tres informes de los Grupos de trabajo, y se ofrece una síntesis que aborda específicamente los aspectos de interés para los responsables de políticas en la esfera del cambio climático: confirma que el cambio climático es ya una realidad, fundamentalmente por efecto de las actividades humanas; ilustra los impactos del calentamiento mundial que está ya acaeciendo y del que previsiblemente está en ciernes, y el potencial de adaptación de la sociedad para reducir su vulnerabilidad; y, por último, ofrece un análisis de los costos, políticas y tecnologías que traerá aparejada una limitación de la magnitud de los cambios futuros.

El CIE es un gran logro en el que han participado más de 500 autores principales y 2000 revisores expertos, basado en la labor de una amplia comunidad científica y sometido al escrutinio de los delegados de más de 100 naciones participantes. Es el resultado del entusiasmo, dedicación y cooperación de expertos en disciplinas muy diferentes pero mutuamente relacionadas. A todos ellos expresamos nuestro agradecimiento, así como a los miembros de la Mesa del IPCC, al personal de las Unidades de Apoyo Técnico, en particular la dedicada al Informe de síntesis del IPCC, del Instituto de Energía y Recursos (IER) de Delhi, a la Dra. Renate Christ, Secretaria del IPCC, y al personal de la Secretaría.

Expresamos también nuestra gratitud a los gobiernos y organizaciones que contribuyen al Fondo Fiduciario del IPCC y que prestan apoyo a los expertos por diversos medios. El IPCC ha incorporado a su labor, con particular acierto, a un gran número de expertos de países en desarrollo y de países de economía en transición; el Fondo Fiduciario permite ampliar la asistencia financiera para sufragar sus desplazamientos a las reuniones del IPCC. Agradecemos asimismo el espíritu cooperativo con que han trabajado conjuntamente todos los delegados de los gobiernos en las reuniones del IPCC, con objeto de alcanzar un consenso elocuente y sólido.

Por último, deseamos dar las gracias al presidente del IPCC, Dr. Rajendra K. Pachauri, por guiar infatigablemente y con dedicación el esfuerzo de todos. Ello está, en esta ocasión, particularmente justificado, ya que bajo su dirección el IPCC ha sido conjuntamente galardonado con el Premio Nobel de la Paz 2007.

Deseamos también expresar nuestro más sincero reconocimiento y pesar en memoria del profesor Bert Bolin, que empuñó la antorcha hace 20 años como primer Presidente del IPCC, y que falleció el 30 de diciembre de 2007 tras una brillante carrera en meteorología y ciencias del clima.

Michel Jarraud
Secretario General
Organización Meteorológica Mundial

Achim Steiner
Director Ejecutivo
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

## Prefacio

El presente Informe de síntesis, junto con su Resumen para responsables de políticas, constituye la cuarta y última parte del Cuarto Informe de Evaluación (CIE) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) - "Cambio climático 2007". En él se reúnen e integran, para uso de los responsables de políticas y de otros profesionales, datos científicos, técnicos y socioeconómicos actualizados útiles para la definición de políticas en relación con el cambio climático. Su finalidad es ayudar a los gobiernos y a otros decisores de los sectores público y privado a formular e implementar respuestas adecuadas frente a la amenaza de un cambio climático inducido por los seres humanos.

En su alcance, el presente Informe abarca la información contenida en las contribuciones de los tres Grupos de trabajo al CIE del IPCC, el informe del Grupo de trabajo I sobre "Los fundamentos físicos", el informe del Grupo de trabajo II sobre "Impactos, adaptación y vulnerabilidad", y el informe del Grupo de trabajo III sobre "Mitigación del cambio climático". Se nutre también de otros informes del IPCC, y en particular de los Informes Especiales recientemente publicados. Ha sido redactado por un equipo dedicado en exclusiva a esa tarea e integrado por autores de cada uno de los informes de los Grupos de trabajo del CIE, bajo la dirección del Presidente del IPCC. Siguiendo las instrucciones del IPCC, los autores prepararon el proyecto del texto evitando tecnicismos, pero asegurándose de que las realidades científicas y técnicas apareciesen correctamente expuestas.

Se abordan en el presente Informe una serie de cuestiones generales de interés a efectos de políticas, estructuradas en torno a seis áreas temáticas acordadas por el IPCC, dedicando especial atención a los aspectos intertemáticos. El Informe consta de dos partes, un Resumen para responsables de políticas (RRP) y un informe más extenso. Las secciones del RRP se ajustan en líneas generales a la estructura temática del informe extenso pero, por mor de brevedad y de claridad, ciertos aspectos examinados en más de un área temática aparecen resumidos en una sección del RRP.

En el **Tema 1** se acopia información de los Grupos de trabajo I y II sobre los cambios del clima observados y los efectos del cambio climático ya acaecido sobre los sistemas naturales y la sociedad humana.

En el **Tema 2** se abordan las causas del cambio, atendiendo a sus originantes naturales y antropógenos. Asimismo, se analiza la cadena que abarca desde las emisiones y concentraciones de gases de efecto invernadero hasta el forzamiento radiativo y el cambio climático resultante, y se evalúa hasta qué punto cabe atribuir los cambios del clima y de los sistemas físicos y biológicos observados a causas naturales o antropógenas. Esta tarea se ha asentado en la información contenida en las contribuciones de los tres Grupos de trabajo al CIE.

En el **Tema 3** se ofrece información de los informes de los tres Grupos de trabajo sobre las proyecciones de cambio climático futuro y sus impactos. Se ofrecen datos actualizados sobre los escenarios de emisiones y las proyecciones de cambio climático futuro para el siglo XXI y períodos más prolongados, y se describen los impactos proyectados del cambio climático futuro en términos de sistemas, sectores y regiones. Reciben atención preferente los aspectos de bienestar humano y desarrollo.

En el **Tema 4** se describen las opciones y respuestas de adaptación y de mitigación tal como figuran en los informes de los Grupos de trabajo II y III, así como las interrelaciones entre el cambio climático y las medidas de respuesta, por un lado, y el desarrollo sostenible, por otro. Su atención se orienta a las medidas de respuesta que sería posible aplicar de aquí a 2030. Además de las sinergias y de los condicionantes, se describen en él las tecnologías, políticas, medidas e instrumentos -y también los obstáculos- desde el punto de vista de su aplicación.

En el **Tema 5** se examina la perspectiva a largo plazo y se analizan los aspectos científicos, técnicos y socioeconómicos de la adaptación y de la mitigación, en consonancia con los objetivos y disposiciones de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC). La toma de decisiones sobre el cambio climático es abordada desde la óptica de la gestión de riesgos, atendiendo también a otros problemas medioambientales y de integración más generales. Se describen asimismo las trayectorias de emisión conducentes a la estabilización en diversos niveles de concentración de los gases de efecto invernadero y los aumentos de temperatura correspondientes, y se informa sobre los costos de la mitigación, del desarrollo e implantación de las tecnologías necesarias, y de la evitación de impactos climáticos. Además, se exploran en detalle cinco importantes motivos de preocupación con respecto al cambio climático y se concluye que, a raíz de los conocimientos adquiridos desde el TIE, han devenido más apremiantes.

El **Tema 6** está dedicado a las conclusiones sólidas y a las incertidumbres clave.

Aunque el Informe de síntesis es un documento completo en su alcance, debe ser contemplado en el contexto de los restantes volúmenes de "Cambio climático 2007"; para una información más detallada, se recomienda consultar las contribuciones de

los Grupos de trabajo. Cada uno de los informes de los Grupos de trabajo consta de una serie de capítulos que contienen una evaluación científica y técnica detallada, un Resumen Técnico y un Resumen para responsables de políticas aprobado por el IPCC línea a línea.

El Informe de síntesis ampliado contiene profusas referencias a los correspondientes capítulos en que se han dividido las contribuciones de los Grupos de trabajo al CIE, y a otros informes pertinentes del IPCC. Para facilitar la lectura, las referencias del Resumen para responsables de políticas remiten únicamente a las secciones correspondientes del Informe de síntesis extenso. El CD-ROM incluido en el presente informe contiene el texto completo de las contribuciones de los tres Grupos de trabajo al CIE, en inglés, así como los Resúmenes para responsables de políticas y Resúmenes técnicos, más el Informe de síntesis, en todos los idiomas oficiales de las Naciones Unidas. En todas estas versiones electrónicas, las referencias figuran en forma de hiperenlaces, para que el lector pueda ampliar fácilmente la información científica, técnica y socioeconómica. En los anexos al presente informe se incluye una guía de usuario, un glosario de términos, y listas de siglas, autores, revisores y revisores expertos.

Para la preparación del presente Informe se han observado los procedimientos de preparación, revisión, aceptación, adopción, aprobación y publicación de los informes del IPCC, y su texto fue adoptado y aprobado por el IPCC en su 27ª reunión (Valencia, España, 12-17 de noviembre de 2007).

Aprovechamos la ocasión para expresar nuestro agradecimiento a:

- el Equipo de redacción principal, que redactó el presente informe hasta su última línea con espíritu meticuloso y laboriosa dedicación;

- los revisores, que se encargaron de reflejar todos los comentarios y que supervisaron la coherencia del texto con los informes de base;

- los miembros de los equipos de Autores principales coordinadores y Autores principales de los Grupos de trabajo, que ayudaron a redactar el texto;

- el Jefe y el personal de la Unidad de apoyo técnico para el IDS, particularmente el Dr. Andy Reisinger, y las Unidades de Apoyo Técnico de los tres Grupos de trabajo, por su apoyo logístico y editorial;

- el personal de la Secretaría del IPCC, por las innumerables tareas realizadas en apoyo de la preparación, comunicación y publicación del Informe;

- la OMM y el PNUMA, por el apoyo prestado a la Secretaría del IPCC y por sus aportaciones financieras al Fondo Fiduciario del IPCC;

- todos los gobiernos Miembros y la CMCC, por sus aportaciones al Fondo Fiduciario del IPCC;

- todos los gobiernos Miembros y organizaciones participantes, por sus inestimables contribuciones no monetarias, particularmente apoyando a los expertos que participaron en el proceso del IPCC y dando acogida a las sesiones y reuniones del IPCC.

Dr. R.K. Pachauri
Presidente del IPCC

Dra. Renate Christ
Secretaria del IPCC

# Cambio climático 2007: Informe de síntesis

## Tabla de contenidos

## Fuentes citadas en el presente Informe de síntesis

Las referencias incluidas en el presente Informe figuran entre llaves tipográficas { }, al final de cada párrafo.

En el Resumen para responsables de políticas, las referencias remiten a las secciones, figuras, tablas y recuadros de la Introducción y Temas en que se ha basado el presente Informe.

En la Introducción y en los seis Temas del presente Informe, las referencias remiten a las contribuciones efectuadas por los Grupos de trabajo I, II y III (GTI, GTII y GTIII) al Cuarto Informe de Evaluación, y a otros Informes del IPCC en que se ha basado el presente Informe, o a otras secciones del propio Informe de síntesis (IDS).

Se han utilizado las abreviaturas siguientes:
RRP: Resumen para responsables de políticas
RT: Resumen técnico
RE: Resumen ejecutivo de un capítulo
Los números denotan capítulos y secciones específicos de un informe.

Ejemplo: La referencia {GTI RT.3; GTII 4.RE, Figura 4.3; GTIII Tabla 11.3} remite a la Sección 3 del Resumen Técnico del GTI, al Resumen ejecutivo y a la Figura 4.3 del Capítulo 4 del GTII, y a la Tabla 11.3 del Capítulo 11 del GTIII.

Otros informes citados en el presente Informe de síntesis:
TIE: Tercer Informe de Evaluación
IEOC: Informe Especial sobre la protección de la capa de ozono y el sistema climático mundial

## Cambio climático 2007:
## Informe de síntesis

# Resumen para responsables de políticas

**Una evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático**

*El presente resumen, aprobado en detalle en la 25ª reunión plenaria del IPCC (Valencia, España, 12 a 17 de noviembre de 2007), recoge las afirmaciones formalmente acordadas por el IPCC con respecto a las conclusiones e incertidumbres clave contenidas en las contribuciones de los Grupos de trabajo al Cuarto Informe de Evaluación.*


Basado en un proyecto de texto preparado por:

Lenny Bernstein, Peter Bosch, Osvaldo Canziani, Zhenlin Chen, Renate Christ, Ogunlade Davidson, William Hare, Saleemul Huq, David Karoly, Vladimir Kattsov, Zbigniew Kundzewicz, Jian Liu, Ulrike Lohmann, Martin Manning, Taroh Matsuno, Bettina Menne, Bert Metz, Monirul Mirza, Neville Nicholls, Leonard Nurse, Rajendra Pachauri, Jean Palutikof, Martin Parry, Dahe Qin, Nijavalli Ravindranath, Andy Reisinger, Jiawen Ren, Keywan Riahi, Cynthia Rosenzweig, Matilde Rusticucci, Stephen Schneider, Youba Sokona, Susan Solomon, Peter Stott, Ronald Stouffer, Taishi Sugiyama, Rob Swart, Dennis Tirpak, Coleen Vogel, Gary Yohe.

## Introducción

El presente Informe de síntesis está basado en la evaluación realizada por los tres Grupos de trabajo del IPCC. Ofrece una panorámica integrada del cambio climático, y constituye la parte final del Cuarto Informe de Evaluación (CIE) del IPCC.

Los temas examinados en el presente resumen se exponen más detalladamente en este Informe de síntesis y en los informes de base de los tres Grupos de trabajo.

## 1. Cambios observados en el clima, y sus efectos

**El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como evidencian ya los aumentos observados del promedio mundial de la temperatura del aire y del océano, el deshielo generalizado de nieves y hielos, y el aumento del promedio mundial del nivel del mar (Figura RRP.1).** ***{1.1}***

De los doce últimos años (1995-2006), once figuran entre los doce más cálidos en los registros instrumentales de la temperatura de la superficie mundial (desde 1850). La tendencia lineal a 100 años (1906-2005), cifrada en 0,74°C [entre 0,56°C y 0,92°C][1] es superior a la tendencia correspondiente de 0,6ºC [entre 0,4ºC y 0,8ºC] (1901-2000) indicada en el Tercer Informe de Evaluación (TIE) (Figura RRP.1). Este aumento de temperatura está distribuido por todo el planeta y es más acentuado en las latitudes septentrionales superiores. Las regiones terrestres se han calentado más aprisa que los océanos (Figuras RRP.2, RRP.4). *{1.1, 1.2}*

El aumento de nivel del mar concuerda con este calentamiento (Figura RRP.1). En promedio, el nivel de los océanos mundiales ha aumentado desde 1961 a un promedio de 1,8 [entre 1,3 y 2,3] mm/año, y desde 1993 a 3,1 [entre 2,4 y 3,8] mm/año, en parte por efecto de la dilatación térmica y del deshielo de los glaciares, de los casquetes de hielo y de los mantos de hielo polares. No es posible dilucidar hasta qué punto esa mayor rapidez evidenciada entre 1993 y 2003 refleja una variación decenal, o bien un aumento de la tendencia a largo plazo. *{1.1}*

La disminución observada de las extensiones de nieve y de hielo concuerda también con el calentamiento (Figura RRP.1). Datos satelitales obtenidos desde 1978 indican que el promedio anual de la extensión de los hielos marinos árticos ha disminuido en un 2,7 [entre 2,1 y 3,3] % por decenio, con disminuciones estivales aun más acentuadas, de 7,4 [entre 5,0 y 9,8] % por decenio. En promedio, los glaciares de montaña y la cubierta de nieve han disminuido en ambos hemisferios. *{1.1}*

Entre 1900 y 2005, la precipitación aumentó notablemente en las partes orientales del norte de América del Sur y del Norte, Europa septentrional, y Asia septentrional y central, aunque disminuyó en el Sahel, en el Mediterráneo, en el sur de África y en ciertas partes del sur de Asia. En todo el mundo, la superficie afectada por las sequías ha aumentado *probablemente*[2] desde el decenio de 1970. *{1.1}*

Es *muy probable* que en los últimos 50 años los días fríos, las noches frías y las escarchas hayan sido menos frecuentes en la mayoría de las áreas terrestres, y que los días y noches cálidos hayan sido más frecuentes. Es *probable*: que las olas de calor hayan sido más frecuentes en la mayoría de las áreas terrestres, que la frecuencia de las precipitaciones intensas haya aumentado en la mayoría de las áreas, y que desde 1975 la incidencia de valores altos extremos del nivel del mar[3] haya aumentado en todo el mundo. *{1.1}*

Las observaciones evidencian un aumento de la actividad ciclónica tropical intensa en el Atlántico Norte desde aproximadamente 1970, con escasa evidencia de aumentos en otras regiones. No se aprecia una tendencia clara del número anual de ciclones tropicales. Es difícil identificar tendencias a más largo plazo de la actividad ciclónica, particularmente antes de 1970. *{1.1}*

En promedio, las temperaturas del Hemisferio Norte durante la segunda mitad del siglo XX fueron *muy probablemente* superiores a las de cualquier otro período de 50 años de los últimos 500 años, y *probablemente* las más altas a lo largo de, como mínimo, los últimos 1300 años. *{1.1}*

**Observaciones efectuadas en todos los continentes y en la mayoría de los océanos evidencian[4] que numerosos sistemas naturales están siendo afectados por cambios del clima regional, particularmente por un aumento de la temperatura.** ***{1.2}***

Los cambios experimentados por la nieve, el hielo y el terreno congelado han incrementado (*grado de confianza alto*) el número y extensión de los lagos glaciales, han acrecentado la inestabilidad del terreno en regiones montañosas y otras regiones de permafrost, y han inducido cambios en ciertos ecosistemas árticos y antárticos. *{1.2}*

Con un *grado de confianza alto*, algunos sistemas hidrológicos han resultado también afectados, tanto en un aumento de la escorrentía y en la anticipación de los caudales máximos primaverales en numerosos ríos alimentados por glaciares y por nieve, como en sus efectos sobre la estructura térmica y la calidad del agua de los ríos y lagos cuya temperatura aumenta. *{1.2}*

En los ecosistemas terrenos, la anticipación de las primaveras y el desplazamiento hacia los polos y hacia mayores alturas del ámbito geográfico de la flora y de la fauna están vinculados, con un *grado de confianza muy alto*, al reciente calentamiento. En algunos sistemas marinos y de agua dulce, los desplazamientos de ámbito geográfico y la alteración de la

[1] Las cifras entre corchetes indican un intervalo de incertidumbres del 90% en torno a una estimación óptima; es decir, una probabilidad estimada de 5% de que su valor real supere el intervalo señalado entre corchetes, y una probabilidad de 5% de que dicho valor sea inferior. Los intervalos de incertidumbre no son necesariamente simétricos en torno a la estimación óptima correspondiente.

[2] Las palabras en cursiva representan expresiones de incertidumbre y confianza calibradas. Los términos correspondientes están explicados en el recuadro 'tratamiento de la incertidumbre', en la Introducción al presente Informe de síntesis.

[3] Con exclusión de los tsunamis, que no son causados por el cambio climático. Los valores altos extremos del nivel del mar dependen del valor promedio y de los sistemas atmosféricos regionales. En este trabajo se define como el 1% más alto de valores horarios del nivel del mar observado en una estación y en un período de referencia dado.

[4] Fundamentalmente, con base en conjuntos de datos relativos al período transcurrido desde 1970.

**Cambios en la temperatura, en el nivel del mar y en la cubierta de nieve del Hemisferio Norte**

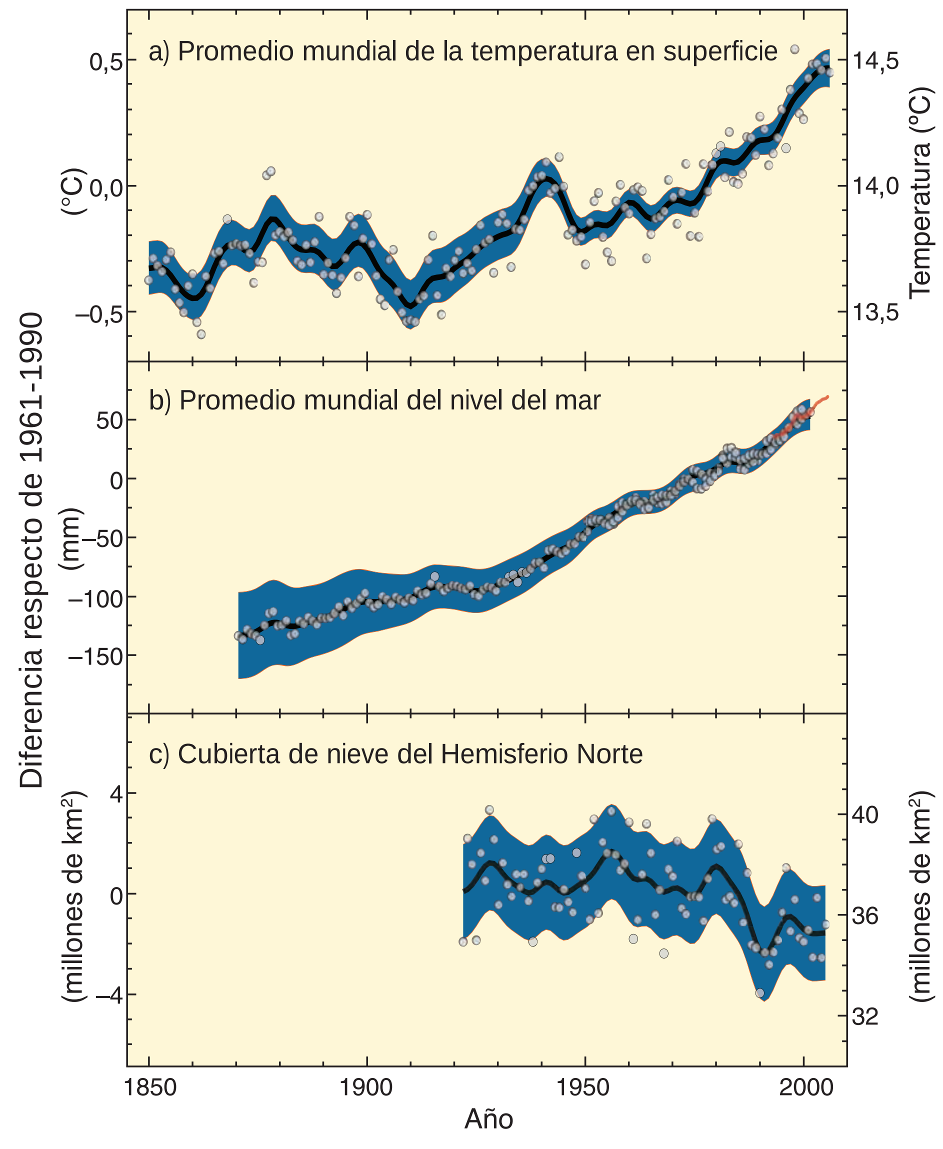



***Figura RRP.1.*** *Variación observada de: a) el promedio mundial de las temperaturas en superficie; b) el promedio mundial del nivel del mar a partir de datos mareométricos (azul) y satelitales (rojo); y c) la cubierta de nieve del Hemisferio Norte durante marzo-abril. Todas las diferencias han sido calculadas respecto de los promedios correspondientes durante el período 1961-1990. Las curvas alisadas representan los valores promediados decenalmente, mientras que los círculos denotan los valores anuales. Las áreas sombreadas representan los intervalos de incertidumbre estimados a partir de un análisis completo de las incertidumbres conocidas (a y b) y de la serie temporal c). {Figura 1.1}*

abundancia de algas, plancton y peces están asociados, con un *grado de confianza alto*, al aumento de la temperatura del agua y a los correspondientes cambios de la cubierta de hielo, de la salinidad, de los niveles de oxígeno y de la circulación. *{1.2}*

De las más de 29.000 series de datos observacionales, recogidas en 75 estudios, que arrojan cambios importantes en numerosos sistemas físicos y biológicos, más de un 89% son coherentes con la dirección del cambio esperado en respuesta al calentamiento (Figura RRP.2). Sin embargo, hay un notable desequilibrio geográfico en los datos y publicaciones referentes a los cambios observados, siendo menos abundantes los relativos a países en desarrollo. *{1.2, 1.3}*

**Con un *grado de confianza medio*, están empezando a manifestarse otros efectos del cambio climático regional sobre el medio ambiente natural y humano, aunque muchos de ellos son difíciles de identificar a causa de la adaptación y de otros originantes no climáticos *{1.2}***

En particular, el aumento de la temperatura afectaría: *{1.2}:*

- la gestión agrícola y forestal en latitudes superiores del Hemisferio Norte, por ejemplo en una plantación más temprana de los cultivos en primavera, y en alteraciones de los regímenes de perturbación de los bosques por efecto de incendios y plagas;

## Cambios experimentados por los sistemas físicos y biológicos y por la temperatura superficial en 1970-2004

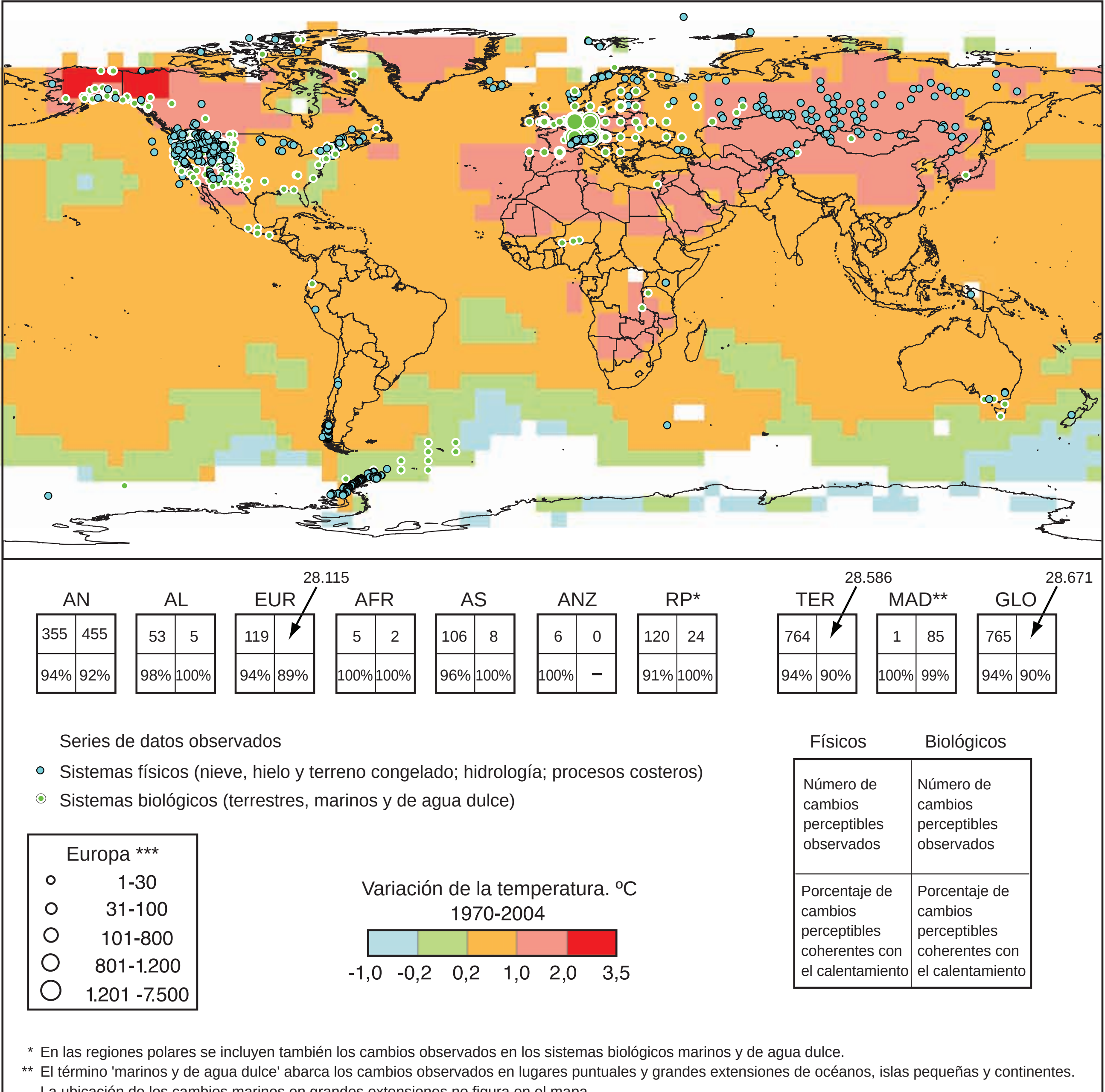



***Figura RRP.2.*** *Ubicación de los cambios significativos constatados en las series de datos de los sistemas físicos (nieve, hielo y terreno congelado; hidrología; y procesos costeros) y en los sistemas biológicos (sistemas biológicos terrenos, marinos y de agua dulce), y variación de la temperatura del aire en superficie durante el período 1970-2004. La gráfica está basada en aproximadamente 29.000 series de datos seleccionadas de un conjunto de 80.000, correspondientes a 577 estudios. La selección responde a los criterios siguientes: 1) abarca hasta 1990 o más adelante; 2) abarca un período de 20 años como mínimo; y 3) exhibe un cambio apreciable en alguna dirección, según las evaluaciones de los distintos estudios. Estas series de datos proceden de unos 75 est  e los cuales cerca de 70 son nuevos en el período que abarca desde la Tercera Evaluación), y contienen aproximadamente 29.000 series de datos, de las que 28.000 provienen de estudios europeos. Las áreas en blanco no contienen datos climáticos observacionales suficientes para estimar la tendencia de la temperatura. Los recuadros de cuatro celdas indican el número total de series de datos que exhiben cambios significativos (hilera superior) y el porcentaje de ellas que concuerda con el calentamiento (hilera inferior) para: i) regiones continentales: América del Norte (AN), América Latina (LA), Europa (EUR), África (AFR), Asia (AS), Australia y Nueva Zelandia (ANZ), y regiones polares (RP), y ii) a escala mundial: extensiones terrenas (TER), marinas y de agua dulce (MAD), y globales (GLO). El número total de estudios de los siete recuadros regionales (AN, EUR, AFR, AS, ANZ, RP) no coincide con el total global (GLO) ya que, excepto las cifras correspondientes a la región polar, las de las restantes regiones no incluyen los sistemas marinos y de agua dulce (MAD). No se ha incluido en el mapa la ubicación de los cambios registrados en grandes extensiones marinas. {Figura 1.2}*

- ciertos aspectos de la salud humana, como la mortalidad a causa del calor en Europa, o una alteración de los vectores de enfermedades infecciosas en ciertas áreas, o de los pólenes alergénicos en latitudes altas y medias del Hemisferio Norte;
- ciertas actividades humanas en la región ártica (por ejemplo, la caza, o los viajes a través de nieve o hielo) y en áreas alpinas de menor elevación (por ejemplo, los deportes de montaña).

## 2. Causas del cambio

La variación de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) y aerosoles en la atmósfera, y las variaciones de la cubierta terrestre y de la radiación solar, alteran el equilibrio energético del sistema climático. *{2.2}*

**Las emisiones mundiales de GEI por efecto de actividades humanas han aumentado, desde la era preindustrial, en un 70% entre 1970 y 2004 (Figura RRP.3).[5] *{2.1}***

El dióxido de carbono ($CO_2$) es el GEI antropógeno más importante. Sus emisiones anuales aumentaron en torno a un 80% entre 1970 y 2004. La disminución a largo plazo de las emisiones de $CO_2$ por unidad de energía suministrada invirtió su tendencia a partir del año 2000. *{2.1}*

**Las concentraciones atmosféricas mundiales de $CO_2$, metano ($CH_4$) y óxido nitroso ($N_2O$) han aumentado notablemente por efecto de las actividades humanas desde 1750, y son actualmente muy superiores a los valores preindustriales, determinados a partir de núcleos de hielo que abarcan muchos milenios. *{2.2}***

Las concentraciones atmosféricas de $CO_2$ (379 ppm) y $CH_4$ (1774 ppmm) en 2005 exceden con mucho el intervalo natural de valores de los últimos 650.000 años. Los aumentos de la concentración mundial de $CO_2$ se deben principalmente a la utilización de combustibles de origen fósil y, en una parte apreciable pero menor, a los cambios de uso de la tierra. Es *muy probable* que el aumento observado de la concentración de $CH_4$ se deba predominantemente a la agricultura y a la utilización de combustibles de origen fósil. El aumento de metano ha sido menos rápido desde comienzos de los años 90, en concordancia con las emisiones totales (como suma de fuentes antropógenas y naturales), que han sido casi constantes durante ese período. El aumento de la concentración de $N_2O$ procede principalmente de la agricultura. *{2.2}*

Con un *grado de confianza muy* alto, el efecto neto de las actividades humanas desde 1750 ha sido un aumento de la temperatura.[6] *{2.2}*

**La mayor parte del aumento observado del promedio mundial de temperatura desde mediados del siglo XX se**

**Emisiones mundiales de GEI antropógenos**

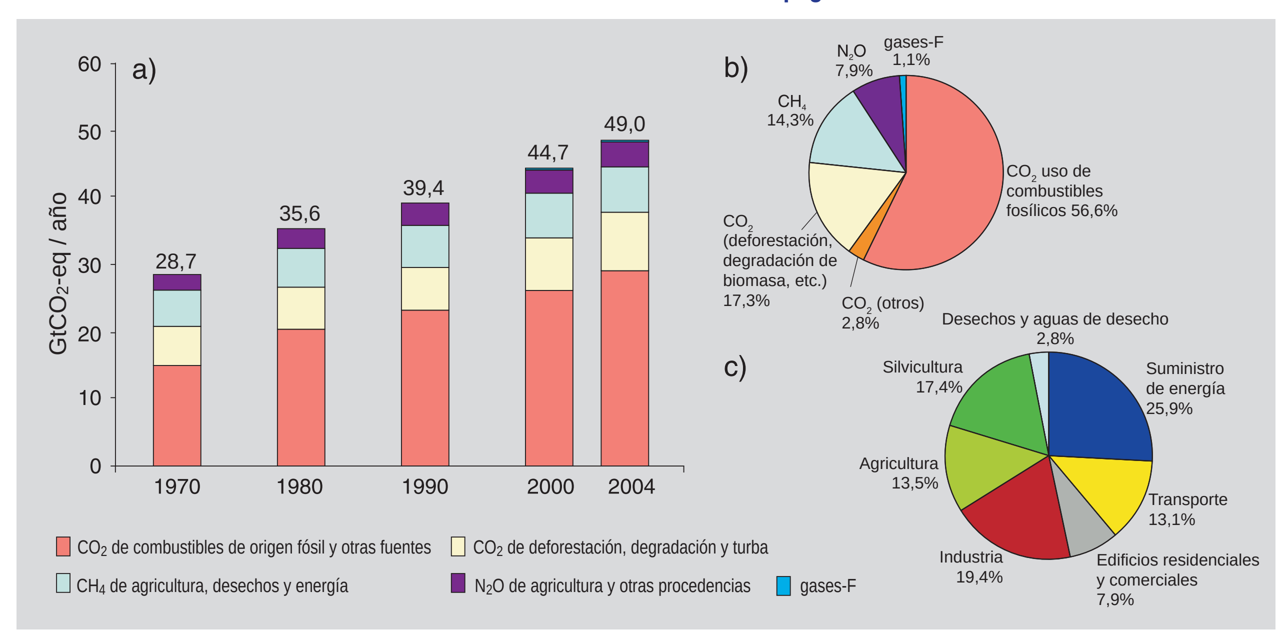



***Figura RRP.3**. a) Emisiones anuales mundiales de GEI antropógenos entre 1970 y 2004.[5] b) Parte proporcional que representan diferentes GEI antropógenos respecto de las emisiones totales en 2004, en términos de $CO_2$ equivalente. c) Parte proporcional que representan diferentes sectores en las emisiones totales de GEI antropógenos en 2004, en términos de $CO_2$ equivalente. (En el sector silvicultura se incluye la deforestación). {Figura 2.1}*

[5] Únicamente $CO_2$, $CH_4$, $N_2O$, los HFC, los PFC y $SF_6$, cuyas emisiones han sido estudiadas por la CMCC. Estos GEI están ponderados basados en sus potenciales de calentamiento mundial a lo largo de cien años, utilizando valores coherentes con los notificados en el marco de la CMCC.

[6] El aumento de GEI tiende a calentar la superficie, mientras que el efecto neto del aumento de aerosoles tiende a enfriarla. El efecto neto como consecuencia de las actividades humanas desde la era preindustrial ha sido un aumento de la temperatura (+1,6 [entre +0,6 y +2,4] W/m$^2$). A efectos comparativos, se estima que la variación de la irradiancia solar ha causado un efecto de calentamiento menor (+0,12 [entre +0,06 y +0,30] W/m$^2$).

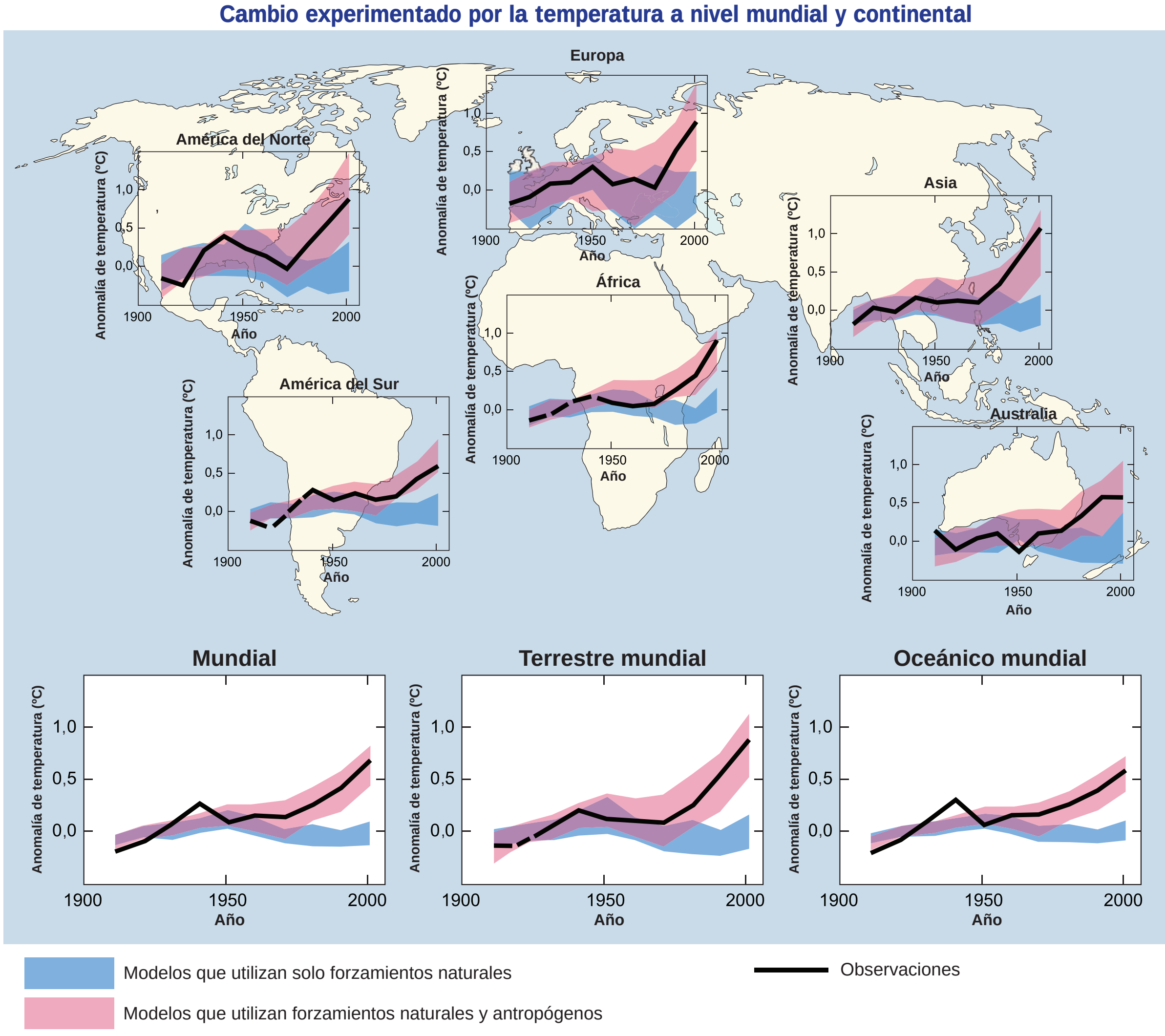



***Figura RRP.4.*** *Cambios observados de la temperatura superficial a escala continental y mundial, comparados con los resultados simulados mediante modelos del clima que contemplan forzamientos naturales o forzamientos naturales y antropógenos. Los promedios decenales de las observaciones correspondientes al período 1906-2005 (línea de trazo negro) aparecen representados gráficamente respecto del punto central del decenio y respecto del promedio correspondiente al período 1901-1950. Las líneas de trazos denotan una cobertura espacial inferior a 50%. Las franjas azules denotan el intervalo comprendido entre el 5% y el 95% con base en 19 simulaciones efectuadas mediante cinco modelos climáticos que incorporaban únicamente los forzamientos naturales originados por la actividad solar y por los volcanes. Las franjas rojas denotan el intervalo comprendido entre el 5% y el 95% con base en 58 simulaciones obtenidas de 14 modelos climáticos que incorporan tanto los forzamientos naturales como los antropógenos. {Figura 2.5}*

**debe *muy probablemente* al aumento observado de las concentraciones de GEI antropógenos.[7] Es *probable* que se haya experimentado un calentamiento antropógeno apreciable en los últimos cincuenta años, en promedio para cada continente (exceptuada la región antártica) (Figura RRP.4). *{2.4}***

En los últimos 50 años, la suma de los forzamientos solar y volcánico habría producido *probablemente* un enfriamiento. Las pautas de calentamiento observadas y su variación han sido simuladas únicamente mediante modelos que contemplan forzamientos antropógenos. Sigue habiendo dificultades para simular y atribuir los cambios de temperatura observados a escalas inferiores a la continental. *{2.4}*

**Los progresos realizados desde el TIE indican que las influencias humanas discernibles no se circunscriben al promedio de las temperaturas, sino que abarcan también otros aspectos del clima. *{2.4}***

Las influencias humanas: *{2.4}*

- *muy probablemente* han contribuido al aumento del nivel del mar durante la segunda mitad del siglo XX;
- *probablemente* han contribuido a alterar las pautas eólicas, afectando el recorrido de las tempestades extratropicales y las pautas de temperatura;
- *probablemente* han elevado la temperatura de las noches extremadamente cálidas, de las noches frías y de los días fríos;

[7] La incertidumbre restante está considerada con base en las metodologías actuales.

- *más probable que improbable*, han intensificado el riesgo de olas de calor y han incrementado la superficie afectada por la sequía desde los años 70 y la frecuencia de las precipitaciones intensas.

**El calentamiento antropógeno de los tres últimos decenios ha ejercido *probablemente* una influencia discernible a escala mundial sobre los cambios observados en numerosos sistemas físicos y biológicos. *{2.4}***

La concordancia espacial entre las regiones del mundo que han experimentado un calentamiento apreciable y los lugares en que se han observado cambios apreciables en numerosos sistemas, coincidiendo con el calentamiento, es *muy improbable* que se deba únicamente a la variabilidad natural. Varios estudios de modelización han vinculado ciertas respuestas específicas de los sistemas físicos y biológicos al calentamiento antropógeno. *{2.4}*

Una atribución más completa de causas de las respuestas observadas en los sistemas naturales al calentamiento antropógeno no es, por el momento, posible debido a la brevedad de las escalas temporales contempladas en numerosos estudios de impacto, a la mayor variabilidad natural del clima a escala regional, a la contribución de factores no climáticos, y a la limitada cobertura espacial de los estudios. *{2.4}*

## 3. El cambio climático proyectado y sus impactos

**Hay un *alto nivel de coincidencia y abundante evidencia* respecto a que con las políticas actuales de mitigación de los efectos del cambio climático y con las prácticas de desarrollo sostenible que aquellas conllevan, las emisiones mundiales de GEI seguirán aumentando en los próximos decenios. *{3.1}***

El Informe Especial del IPCC sobre escenarios de emisiones (IEEE, 2000) proyecta un aumento de las emisiones mundiales de GEI de entre 25% y 90% ($CO_2$-eq) entre 2000 y 2030 (Figura RRP.5), suponiendo que los combustibles de origen fósil mantengan su posición dominante en el conjunto mundial de fuentes de energía hasta 2030 como mínimo. Otros escenarios más recientes, que no contemplan medidas de mitigación de las emisiones adicionales, arrojan resultados similares.[8,9] *{3.1}*

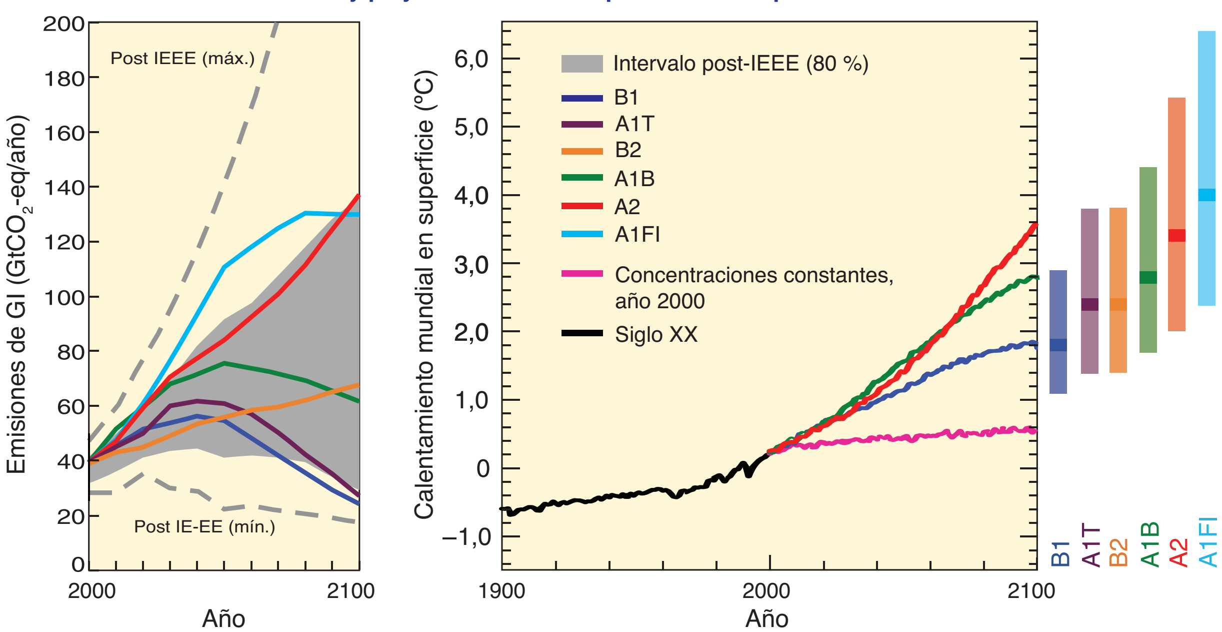



***Figura RRP-5.*** ***Gráfica izquierda****: Emisiones mundiales de GEI ($CO_2$-eq) en ausencia de políticas climáticas: seis escenarios testimoniales IEEE ilustrativos (líneas de color), junto con el percentilo 80 de escenarios recientes publicados desde el IEEE (post IEEE) (área sombreada en gris). Las líneas de trazos representan la totalidad de los escenarios post IEEE. Las emisiones abarcan los gases $CO_2$, $CH_4$, $N_2O$ y F.* ***Gráfica derecha:*** *las líneas continuas representan promedios mundiales multimodelo del calentamiento en superficie para los escenarios A2, A1B y B1, representados como continuación de las simulaciones del siglo XX. Estas proyecciones reflejan también las emisiones de GEI y aerosoles de corta permanencia. La línea rosa no es un escenario, sino que corresponde a simulaciones de MCGAO en que las concentraciones atmosféricas se mantienen constantes en los valores del año 2000. Las barras de la derecha indican la estimación óptima (línea continua dentro de cada barra) y el intervalo probable evaluado para los seis escenarios testimoniales IEEE en el período 2090-2099. Todas las temperaturas corresponden al período 1980-1999. {Figura 3.1, Figura 3.2}*

[8] Los escenarios de emisiones IEEE están explicados en el Recuadro 'Escenarios IEEE' del presente Informe. Estos escenarios no contemplan políticas climáticas adicionales a las ya existentes; estudios más recientes difieren con respecto a la inclusión de la CMCC y del Protocolo de Kyoto.

[9] Las trayectorias de emisión de los escenarios de mitigación se abordan en la Sección 5.

**De proseguir las emisiones de GEI a una tasa igual o superior a la actual, el calentamiento aumentaría y el sistema climático mundial experimentaría durante el siglo XXI numerosos cambios, *muy probablemente* mayores que los observados durante el siglo XX (Tabla RRP.1, Figura RRP.5).** *{3.2.1}*

Para los dos próximos decenios las proyecciones indican un calentamiento de aproximadamente 0,2ºC por decenio para toda una serie de escenarios de emisiones IEEE. Aunque se hubieran mantenido constantes las concentraciones de todos los gases de efecto invernadero y aerosoles en los niveles de 2000, cabría esperar un ulterior calentamiento de aproximadamente 0,1ºC por decenio. A partir de ese punto, las proyecciones de temperatura dependen cada vez más de los escenarios de emisión. *{3.2}*

El intervalo de valores proyectados (Tabla RRP.1) concuerda en líneas generales con el TIE, aunque las incertidumbres y los intervalos de temperatura de magnitud superior son mayores debido, principalmente, a que la mayor diversidad de modelos disponibles sugiere unos retroefectos clima-ciclo de carbono más acentuados. El calentamiento reduce la incorporación terrena y oceánica de $CO_2$ atmosférico, incrementando así la fracción de emisiones antropógenas que subsiste en la atmósfera. La intensidad de ese retroefecto varía notablemente según el modelo. *{2.3, 3.2.1}*

Dado que no se conocen suficientemente algunos efectos importantes originantes del aumento del nivel del mar, no se evaluará en el presente informe su grado de verosimilitud ni se ofrecerá una estimación óptima o una cota superior para el aumento del nivel del mar. En la Tabla RRP.1 se indican proyecciones basadas en modelos del promedio mundial del aumento del nivel del mar para el período 2090-2099.[10] Las proyecciones no incorporan las incertidumbres respecto de los retroefectos clima-ciclo de carbono, ni el efecto íntegro de los cambios del flujo de los mantos de hielo, por lo que los valores superiores de esos intervalos no deben considerarse cotas superiores del aumento del nivel del mar. Reflejan en parte el aumento de los flujos de hielo en Groenlandia y en la región antártica para las tasas observadas en 1993-2003, aunque este término podría aumentar o disminuir en el futuro.[11] *{3.2.1}*

**El grado de confianza actual es superior al del TIE respecto a las pautas proyectadas del calentamiento y de otros aspectos de escala regional, como la alteración de las pautas de viento o de la precipitación, y ciertos aspectos de los valores extremos y de los hielos marinos.** *{3.2.2}*

Los cambios a escala regional abarcan: *{3.2.2}*

- un calentamiento máximo sobre tierra firme y en la mayoría de las latitudes septentrionales altas, y mínimo sobre el océano austral y partes del Atlántico Norte, como continuación de recientes tendencias observadas (Figura RRP.6)
- la contracción de la superficie de las cubiertas de nieve, en la mayor profundidad de deshielo en la mayoría de las regiones de permafrost, y en la menor extensión de los hielos marinos; en algunas proyecciones basadas en escenarios IEEE, los hielos marinos de la región ártica

***Tabla RRP.1.*** *Proyecciones del promedio mundial del calentamiento en superficie y del aumento del nivel del mar al final del siglo XXI. {Tabla 3.1}*

| Caso | Cambio de temperatura (ºC en 2090-2099 respecto de 1980-1999) [a, d] | | Aumento del nivel del mar (m en 2090-2099 respecto de 1980-1999) |
|---|---|---|---|
| | Estimación óptima | Intervalo *probable* | Intervalo obtenido a partir de modelos, excluidos los cambios dinámicos rápidos futuros del flujo de hielo |
| Concentraciones constantes en los niveles del año 2000[b] | 0,6 | 0,3 – 0,9 | No disponible |
| Escenario B1 | 1,8 | 1,1 – 2,9 | 0,18 – 0,38 |
| Escenario A1T | 2,4 | 1,4 – 3,8 | 0,20 – 0,45 |
| Escenario B2 | 2,4 | 1,4 – 3,8 | 0,20 – 0,43 |
| Escenario A1B | 2,8 | 1,7 – 4,4 | 0,21 – 0,48 |
| Escenario A2 | 3,4 | 2,0 – 5,4 | 0,23 – 0,51 |
| Escenario A1FI | 4,0 | 2,4 – 6,4 | 0,26 – 0,59 |

Notas:

a) Los valores de temperatura son estimaciones óptimas evaluadas, y los intervalos de incertidumbre probables se han obtenido de una jerarquía de modelos de complejidad variable y de limitaciones observacionales.

b) La composición constante en valores del año 2000 se ha obtenido de modelos de circulación general atmósfera-océano (MCGAO) únicamente.

c) Todos los escenarios precedentemente indicados son seis escenarios testimoniales IEEE. Las concentraciones aproximadas de dióxido de carbono equivalente correspondientes al forzamiento radiativo computado por efecto de los GEI y aerosoles antropógenos en 2100 (véase la pág. 823 del TIE) para los escenarios testimoniales ilustrativos B1, AIT, B2, A1B, A2 y A1FI del IEEE son 600, 700, 800, 850, 1250 y 1550 ppm, respectivamente.

d) Los cambios de temperatura están expresados en términos de diferencias respecto del período 1980-1999. Para expresar el cambio respecto del período 1850-1899 hay que añadir 0,5ºC.

[10] Las proyecciones del TIE se referían a 2100, mientras que las proyecciones del presente informe están referidas a 2090-2099. El TIE habría arrojado unos intervalos de valores similares a los de la Tabla RRP.1 si hubiera tratado las incertidumbres de la misma manera.

[11] Con respecto a un más largo plazo, véase más adelante.

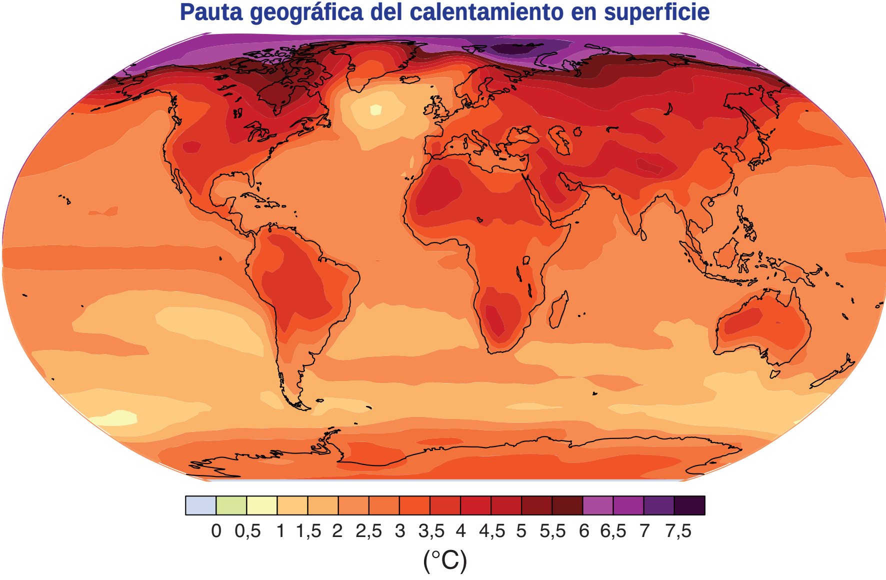



***Figura RRP. 6.*** *Cambios de la temperatura superficial proyectados para finales del siglo XXI (2090-2099). Se indica en el mapa la proyección multi-MCGAO promediada para el escenario A1B del IEEE. Todas las temperaturas tienen como referencia el período 1980-1999. {Figura 3.2}*

desaparecerían casi completamente al final de los veranos en los últimos años del siglo XXI

- *muy probablemente* aumentará la frecuencia de los valores extremos cálidos, de las olas de calor y de las precipitaciones intensas
- *probablemente* aumentará la intensidad de los ciclones tropicales; menor confianza en que disminuya el número de ciclones tropicales en términos mundiales
- desplazamiento hacia los polos de las trayectorias de las tempestades extratropicales, con los consiguientes cambios de las pautas de viento, precipitación y temperatura
- *muy probablemente* aumentarán las precipitaciones en latitudes altas, y *probablemente* disminuirán en la mayoría de las regiones terrestres subtropicales, como continuación de las tendencias recientemente observadas

Con un *grado de confianza alto* las proyecciones indican que, hacia mediados del siglo, la escorrentía fluvial anual y la disponibilidad de agua aumentarán en latitudes altas (y en ciertas áreas lluviosas tropicales) y disminuirán en algunas regiones secas en latitudes medias y en los trópicos. También con un *grado de confianza alto*, numerosas áreas semiáridas (por ejemplo, la cuenca mediterránea, el oeste de los Estados Unidos, el sur de África y el nordeste de Brasil) experimentarán una disminución de sus recursos hídricos por efecto del cambio climático. *{3.3.1; Figura 3.5}*

**Los estudios realizados desde el TIE han permitido comprender de manera más sistemática la cronología y magnitud de los impactos vinculados a diferentes magnitudes y tasas de cambio climático.** ***{3.3.1, 3.3.2}***

En la Figura RRP.7 se ofrecen ejemplos de esta nueva información, por sistemas y sectores. En la gráfica superior aparecen representados los impactos, que aumentan cuando aumenta la rapidez de variación de la temperatura. Su magnitud y cronología estimadas están también influidas por el itinerario de desarrollo seguido (gráfica inferior). *{3.3.1}*

En la Tabla RRP.2 se ofrecen algunos ejemplos de impactos proyectados para diferentes regiones.

*Probablemente* algunos sistemas, sectores y regiones resultarán especialmente afectados por el cambio climático.[12] *{3.3.3}*

Sistemas y sectores: *{3.3.4}*

- los ecosistemas siguientes:
  - terrestres: tundra, bosques boreales y regiones montañosas, debido a su sensibilidad al calentamiento; ecosistemas de tipo Mediterráneo, debido a la disminución de las lluvias; y bosques pluviales tropicales en que la precipitación disminuye;
  - costeros: manglares y marismas, debido a múltiples factores de estrés;
  - marinos: arrecifes de coral, debido a múltiples factores de estrés; el bioma de los hielos marinos, debido a su sensibilidad al calentamiento;
- los recursos hídricos de ciertas regiones secas de latitudes medias[13] y en los trópicos secos, debido a la alteración de las precipitaciones de lluvia y de la evapotranspiración, y en áreas dependientes de la nieve y del deshielo;
- la agricultura en latitudes medias, debido a una menor disponibilidad de agua;
- los sistemas costeros bajos, debido al peligro de aumento del nivel del mar y al mayor riesgo de fenómenos meteorológicos extremos;
- la salud humana, en poblaciones con escasa capacidad adaptativa.

Regiones: *{3.3.3}*

- la región ártica, debido a los impactos de la gran rapidez del proyectado calentamiento sobre los sistemas naturales y las comunidades humanas;

[12] Identificado sobre la base de una valoración experta de la bibliografía examinada, y considerando la magnitud, cronología y tasa proyectada del cambio climático, la sensibilidad a este y la capacidad adaptativa.

[13] En particular, regiones áridas y semiáridas.

## Ejemplos de impactos asociados con el cambio anual medio mundial de la temperatura (los impactos variarán en función del grado de adaptación, de la tasa del cambio de la temperatura y de la vía socioeconómica)

Cambio anual medio mundial de la temperatura respecto del período 1980-1999 (°C)

0 1 2 3 4 5 °C

**AGUA**

- Mayor disponibilidad de agua en los trópicos húmedos y en latitudes altas
- Menor disponibilidad de agua y aumento de las sequías en latitudes medias y latitudes bajas semiáridas
- Centenares de millones de personas expuestas a un mayor estrés hídrico

**ECOSISTEMAS**

- Hasta un 30% de especies en mayor riesgo de extinción
- Número apreciable† de extinciones en todo el mundo
- Aumento de decoloración de corales
- Decoloración de mayoría de corales
- Mortalidad generalizada de corales
- La biosfera terrena tiende a constituir una fuente de carbono neta cuando: ~15% — ~40% de los ecosistemas están afectados
- Aumentan el desplazamiento geográfico de especies y el riesgo de incendios incontrolados
- Cambios en los ecosistemas debido al debilitamiento de la circulación de renuevo meridional

**ALIMENTOS**

- Impactos negativos complejos y localizados sobre pequeños propietarios, agricultores y pescadores de subsistencia
- Tendencia descendente de la productividad cerealera en latitudes bajas
- La productividad de todos los cereales disminuye en latitudes bajas
- En algún caso, la productividad cerealera aumenta en latitudes medias a altas
- La productividad cerealera disminuye en algunas regiones

**COSTAS**

- Aumento de daños de crecidas y tempestades
- Pérdida de un 30% mundial aprox. de humedales costeros‡
- Millones de personas más podrían padecer inundaciones costeras cada año

**SALUD**

- Aumento de la carga de malnutrición y de enfermedades diarréicas, cardiorrespiratorias e infecciosas
- Mayor morbilidad y mortalidad por olas de calor, crecidas y sequías
- Cambio de la distribución de algunos vectores de enfermedades
- Carga sustancial para los servicios de salud

0 1 2 3 4 5 °C

† Se entiende por 'apreciable' más de un 40%. ‡ Basado en la tasa promedio de aumento del nivel del mar, es decir, 4,2 mm/año entre 2000 y 2080.

**Calentamiento hasta 2090-2099 respecto de 1980-1999 con escenarios sin mitigación**

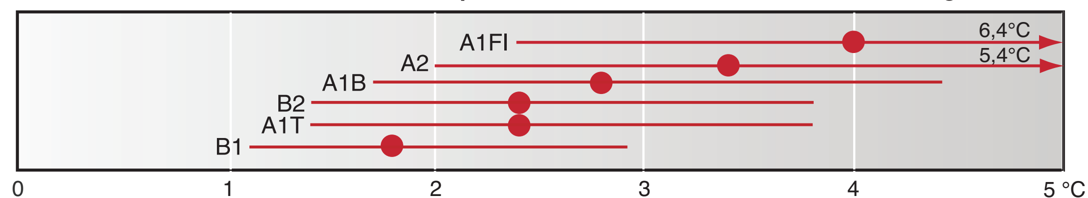



***Figura RRP.7.*** *Ejemplos de impactos proyectados asociados al promedio mundial del calentamiento en superficie.* ***Gráfica superior:*** *Ejemplos ilustrativos de impactos mundiales proyectados de los cambios de clima (y de nivel del mar y de $CO_2$ atmosférico, cuando corresponda) asociados a diferentes magnitudes de aumento del promedio mundial de temperatura superficial en el siglo XXI. Las líneas en negro relacionan impactos; las flechas con líneas de trazos indican impactos que prosiguen con el aumento de la temperatura. La información se ha dispuesto de manera que el texto de la parte inferior indique el nivel aproximado de calentamiento asociado a la aparición de un impacto dado. La información cuantitativa sobre escasez de agua e inundaciones representa los impactos adicionales del cambio climático respecto de las condiciones proyectadas para la totalidad de escenarios A1FI, A2, B1 y B2 del IEEE. No se ha incluido en esas estimaciones la adaptación al cambio climático. Los niveles de confianza respecto de todas las afirmaciones son altos.* ***Gráfica inferior:*** *los puntos y las barras indican la estimación óptima y los intervalos* probables *de calentamiento evaluados para los seis escenarios testimoniales IEEE para el período 2090-2099 tomando como referencia el período 1980-1999. {Figura 3.6}*

***Tabla RRP.2.*** *Ejemplos de algunos de los impactos regionales proyectados. {3.3.2}*

| | |
|---|---|
| **África** | • Hasta 2020, entre 75 y 250 millones de personas estarían expuestas a un mayor estrés hídrico por efecto del cambio climático.<br>• Hasta 2020, la productividad de los cultivos pluviales podría reducirse en algunos países hasta en un 50%. La producción agrícola y el acceso a los alimentos en numerosos países africanos quedarían en una situación gravemente comprometida. Ello afectaría aun más negativamente a la seguridad alimentaria y exacerbaría la malnutrición.<br>• Hacia el final del siglo XXI, el aumento proyectado del nivel del mar afectaría a las áreas costeras bajas muy pobladas. El costo de la adaptación podría ascender a, como mínimo, entre un 5% y un 10% del producto interno bruto (PIB).<br>• Hasta 2080, se produciría un aumento de entre un 5% y un 8% en la extensión de las tierras áridas y semiáridas en África para toda una serie de escenarios climáticos (RT). |
| **Asia** | • Hacia el decenio de 2050, la disponibilidad de agua dulce en el centro, sur, este y suroeste de Asia disminuiría, particularmente en las grandes cuencas fluviales.<br>• Las áreas costeras, y especialmente las regiones de los grandes deltas superpoblados del sur, este y sudeste de Asia serían las más amenazadas, debido al incremento de las inundaciones marinas y, en algunos grandes deltas, de las crecidas fluviales.<br>• El cambio climático potenciaría las presiones ejercidas sobre los recursos naturales y el medio ambiente por efecto de la rápida urbanización, de la industrialización y del desarrollo económico.<br>• La morbilidad y mortalidad endémicas causadas por las enfermedades diarreicas asociadas principalmente a las crecidas y sequías aumentaría en el este, sur y sureste de Asia por efecto de los cambios del ciclo hidrológico proyectados. |
| **Australia y Nueva Zelandia** | • Hasta 2020 se experimentaría una importante pérdida de diversidad biológica en algunos lugares de gran riqueza ecológica, como la Gran Barrera Coralina o los trópicos pluviales de Queensland.<br>• Hasta 2030, los problemas de seguridad hídrica se agravarían en el sur y este de Australia y, en Nueva Zelandia, en Northland y en ciertas regiones orientales.<br>• Hasta 2030, la producción agrícola y forestal disminuiría en gran parte del sur y este de Australia y en partes del este de Nueva Zelandia, como consecuencia del mayor número de sequías e incendios. Sin embargo, en Nueva Zelandia los efectos serían inicialmente beneficiosos en algunas otras regiones.<br>• Hasta 2050, el constante desarrollo costero y el crecimiento demográfico en ciertas áreas de Australia y Nueva Zelandia agravaría los riesgos de aumento del nivel del mar, y la intensidad y frecuencia de las tempestades y de las inundaciones costeras. |
| **Europa** | • Se espera que el cambio climático magnifique las diferencias regionales en cuanto a los recursos naturales y generales de Europa. Entre los impactos negativos cabe citar un mayor riesgo de crecidas repentinas en el interior, una mayor frecuencia de inundaciones costeras, y un aumento de la erosión (debido al aumento de tempestades y del nivel del mar).<br>• Las áreas montañosas experimentarían retracción de los glaciares, disminución de la cubierta de nieve y del turismo de invierno, y abundante pérdida de especies (en algunas áreas hasta un 60%, en escenarios de alto nivel de emisiones, de aquí a 2080).<br>• En el sur de Europa, las proyecciones indican un empeoramiento de las condiciones (altas temperaturas y sequías) en una región que es ya vulnerable a la variabilidad del clima, así como una menor disponibilidad de agua y una disminución del potencial hidroeléctrico, del turismo estival y, en general, de la productividad de los cultivos.<br>• El cambio climático agudizaría también los riesgos para la salud por efecto de las olas de calor y de la frecuencia de incendios incontrolados. |
| **América Latina** | • Hasta mediados del siglo, los aumentos de temperatura y las correspondientes disminuciones de la humedad del suelo originarían una sustitución gradual de los bosques tropicales por las sabanas en el este de la Amazonia. La vegetación semiárida iría siendo sustituida por vegetación de tierras áridas.<br>• Podrían experimentarse pérdidas de diversidad biológica importantes con la extinción de especies en muchas áreas de la América Latina tropical.<br>• La productividad de algunos cultivos importantes disminuiría, y con ella la productividad pecuaria, con consecuencias adversas para la seguridad alimentaria. En las zonas templadas mejoraría el rendimiento de los cultivos de haba de soja. En conjunto, aumentaría el número de personas amenazadas por el hambre (RT; *grado de confianza medio*).<br>• Los cambios en las pautas de precipitación y la desaparición de los glaciares afectarían notablemente a la disponibilidad de agua para consumo humano, agrícola e hidroeléctrico. |
| **América del Norte** | • En las montañas occidentales, el calentamiento reduciría los bancos de nieve, acrecentaría las crecidas de invierno y reduciría la escorrentía estival, intensificando así la competición por unos recursos hídricos excesivamente solicitados.<br>• En los primeros decenios del siglo, un cambio climático moderado mejoraría en conjunto el rendimiento de los cultivos pluviales entre un 5% y un 20%, aunque estaría sujeto a una acentuada variabilidad según las regiones. La situación sería difícil para los cultivos situados cerca de las fronteras cálidas de su ámbito natural, o dependientes de unos recursos hídricos muy demandados.<br>• En el transcurso del siglo, las ciudades que actualmente padecen olas de calor estarían expuestas a un aumento de estas y de su intensidad y duración, que podría tener efectos adversos sobre la salud.<br>• Las comunidades y hábitats costeros tendrían mayores dificultades, debido a la interacción de los efectos del cambio climático con el desarrollo y la polución. |

*Tabla RRP.2 (cont.)*

***Tabla RRP.2.*** *Continuación*

| | |
|---|---|
| **Regiones polares** | • Los principales efectos biofísicos proyectados son una reducción del espesor y extensión de los glaciares y mantos de hielo y de los hielos marinos, y alteraciones de los ecosistemas naturales con efectos perjudiciales para numerosos organismos, en particular aves migratorias, mamíferos y predadores superiores.<br>• Para las comunidades humanas de la región ártica, los impactos, particularmente los resultantes de la alteración de los fenómenos de nieve y hielo, serían heterogéneos.<br>• Los efectos perjudiciales recaerían, en particular, sobre las infraestructuras y modos de vida tradicionales de las comunidades indígenas.<br>• En ambas regiones polares, determinados ecosistemas y hábitats se harían vulnerables a medida que disminuyesen los obstáculos climáticos a las invasiones de otras especies. |
| **Islas pequeñas** | • El aumento del nivel del mar intensificaría las inundaciones, las mareas de tempestad, la erosión y otros fenómenos costeros peligrosos, amenazando con ello la infraestructura vital, los asentamientos y las instalaciones de cuya subsistencia dependen las comunidades insulares.<br>• El deterioro de las condiciones costeras, por ejemplo por erosión de las playas o decoloración de los corales, afectaría los recursos locales.<br>• Hasta mediados del siglo, el cambio climático reduciría los recursos hídricos en gran número de islas pequeñas, por ejemplo en el Caribe y en el Pacífico, hasta el punto de que aquellos serían insuficientes para cubrir la demanda en los períodos de escasa precipitación.<br>• Con el aumento de las temperaturas aumentarían las invasiones de especies nativas, particularmente en las islas de latitudes medias y altas. |

Nota:
A menos que se indique explícitamente, todas estas proyecciones proceden de textos del Resumen para responsables de políticas del GTII, y poseen un *grado de confianza alto o muy alto* respecto de diferentes sectores (agricultura, ecosistemas, agua, costas, salud, industria y asentamientos). En el Resumen para responsables de políticas del GTII se indican la fuente de cada proyección, los plazos y las temperaturas. La magnitud y cronología de los impactos reales variará en función de la magnitud y rapidez del cambio climático, de los escenarios de emisiones, de los tipos de desarrollo y de la adaptación.

- África, debido a su escasa capacidad adaptativa y a los impactos del cambio climático proyectados
- las islas pequeñas en que las poblaciones y las infraestructuras estarían muy expuestas a los impactos del cambio climático
- los grandes deltas de Asia y África, por ser regiones muy pobladas y muy expuestas al aumento del nivel del mar, a las mareas de tempestad y a las crecidas fluviales.

En otras áreas, incluso en áreas con alto nivel de ingresos, ciertos sectores de la población (por ejemplo, los pobres, los niños pequeños o los ancianos) podrían estar particularmente expuestos, así como ciertas áreas y actividades. *{3.3.3}*

## Acidificación del océano

La incorporación de carbono antropógeno desde 1750 ha acidificado el océano, cuyo pH ha disminuido en 0,1 unidades, en promedio. Una mayor concentración de $CO_2$ en la atmósfera aceleraría ese proceso. Las proyecciones basadas en los escenarios IEEE arrojan una reducción del promedio del pH en la superficie del océano mundial de entre 0,14 y 0,35 unidades durante el siglo XXI. Aunque los efectos de la observada acidificación del océano sobre la biosfera marina no están todavía documentados, la acidificación progresiva de los océanos tendrá previsiblemente efectos negativos sobre los organismos marinos que producen caparazón (por ejemplo, los corales) y sobre las especies que dependen de ellos. *{3.3.4}*

**La alteración de la frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos, sumada al aumento del nivel del mar, tendrán previsiblemente efectos extremadamente adversos sobre los sistemas naturales y humanos.** ***{3.3.5}***

En la Tabla RRP.3 se ofrecen varios ejemplos de fenómenos extremos, por sectores.

**El calentamiento antropógeno y el aumento del nivel del mar proseguirán durante siglos debido a la magnitud de las escalas de tiempo asociadas a los procesos y retroefectos climáticos, incluso aunque se estabilizasen las concentraciones de GEI.** ***{3.2.3}***

El calentamiento estimado a largo plazo (varios siglos) correspondiente a las seis categorías de estabilización del CIE del GT III aparece representado en la Figura RRP.8.

Según las proyecciones, la contracción del manto de hielo de Groenlandia seguirá contribuyendo al aumento del nivel del mar después de 2100. Los modelos actuales sugieren una desaparición prácticamente total del manto de hielo de Groenlandia y, consiguientemente, una aportación al aumento del nivel del mar de unos 7 m si el promedio del calentamiento mundial subsistiese durante milenios por encima de entre 1,9 y 4,6ºC respecto de los valores preindustriales. Respecto de Groenlandia, las temperaturas futuras correspondientes son comparables a las deducidas para el último período interglacial de hace 125.000 años, en que la información paleoclimática parece indicar reducciones de la extensión de los hielos terrestres polares y un aumento del nivel del mar de entre 4 y 6 m. *{3.2.3}*

Los estudios actuales basados en modelos mundiales predicen que el manto de hielo antártico seguirá estando demasiado frío para experimentar una fusión superficial profusa, con un aumento de masa por efecto de un mayor volumen de nevadas. Sin embargo, podría producirse una pérdida neta de masa de hielo si la descarga dinámica de hielo fuese un factor predominante en el equilibrio de las masas de los mantos de hielo. *{3.2.3}*

**El calentamiento antropógeno podría producir impactos abruptos o irreversibles, en función de la rapidez y magnitud del cambio climático.** ***{3.4}***

La pérdida parcial del manto de hielo en tierras polares podría implicar un aumento del nivel del mar de varios metros,

***Tabla RRP.3.*** *Ejemplos de posibles impactos del cambio climático por efecto de la alteración de los fenómenos atmosféricos y climáticos extremos, basados en proyecciones hasta mediados o finales del siglo XXI. Estas proyecciones no contemplan variaciones de la capacidad adaptativa. Las estimaciones de verosimilitud de la columna 2 corresponden a los fenómenos indicados en la columna 1. {Tabla 3.2}*

| Fenómenos[a)] y dirección de la tendencia<br>Aprolizar el estado del cuadro | Probabilidad de las tendencias futuras de las proyecciones para el siglo XXI basadas en escenarios IEEE | Ejemplos de impactos de gran magnitud proyectados por sectores | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Agricultura, silvicultura y ecosistemas | Recursos hídricos | Salud humana | Industria, asentamientos y sociedad |
| En la mayoría de las áreas terrestres, días y noches más cálidos y menos frecuentemente fríos, días y noches más cálidos y más frecuentemente muy cálidos | *Prácticamente seguro*[b)] | Cosechas mejores en entornos más fríos; peores, en entornos más cálidos; plagas de insectos más frecuentes | Efectos sobre los recursos hídricos que dependen del deshielo; efectos sobre algunos suministros hídricos | Disminución de la mortalidad humana por una menor exposición al frío | Disminución de la demanda de energía para calefacción; aumento de la demanda de refrigeración; disminución de la calidad del aire en las ciudades; menores dificultades para el transporte a causa de la nieve o del hielo; efectos sobre el turismo de invierno |
| Períodos cálidos/ olas de calor. Aumento de la frecuencia en la mayoría de las extensiones terrestres | *Muy probable* | Empobrecimiento de las cosechas en regiones más cálidas, por estrés térmico; mayor peligro de incendios incontrolados | Aumento de la demanda de agua; problemas de calidad del agua (por ejemplo, proliferación de algas) | Mayor riesgo de mortalidad por causas térmicas, especialmente entre los ancianos, los enfermos crónicos, los niños pequeños y las personas socialmente aisladas | Empeoramiento de la calidad de vida de las poblaciones de áreas cálidas que carecen de viviendas apropiadas; impactos sobre los ancianos, los niños pequeños y los pobres |
| Episodios de precipitación intensa. Aumento de la frecuencia en la mayoría de las regiones | *Muy probable* | Daños a los cultivos; erosión de los suelos, incapacidad para cultivar las tierras por anegamiento de los suelos | Efectos adversos sobre la calidad del agua superficial y subterránea; contaminación de los suministros hídricos; posiblemente, menor escasez de agua | Mayor riesgo de defunciones, lesiones e infecciones, y de enfermedades respiratorias y de la piel | Alteración de los asentamientos, del comercio, del transporte y de las sociedades por efecto de las crecidas: presiones sobre las infraestructuras urbanas y rurales; pérdida de bienes |
| Área afectada por el aumento de las sequías | *Probable* | Degradación de la tierra; menor rendimiento, deterioro e incluso malogramiento de los cultivos; mayores pérdidas de cabezas de ganado; aumento del riesgo de incendios incontrolados | Mayores extensiones afectadas por estrés hídrico | Mayor riesgo de escasez de alimentos y de agua; mayor riesgo de malnutrición; mayor riesgo de enfermedades transmitidas por el agua y por los alimentos | Escasez de agua para los asentamientos, las industrias y las sociedades; menor potencial de generación hidroeléctrica; posibles migraciones de la población |
| Aumento de la intensidad de los ciclones tropicales | *Probable* | Daños a los cultivos; descuajamiento de árboles; daños a los arrecifes de coral | Cortes de corriente eléctrica causantes de alteraciones del suministro hídrico público | Mayor riesgo de defunciones, lesiones, y enfermedades transmitidas por el agua y por los alimentos; trastornos de estrés postraumático | Alteraciones por efecto de las crecidas y vientos fuertes; denegación de cobertura de riesgos por las aseguradoras privadas en áreas vulnerables, posibles migraciones de la población, pérdida de bienes |
| Mayor incidencia de subidas extremas del nivel del mar (con excepción de los tsunamis)[c)] | *Probable*[d] | Salinización del agua de irrigación, de los estuarios y de los sistemas de agua dulce | Menor disponibilidad de agua dulce por efecto de la intrusión de agua salada | Mayor riesgo de defunciones y de lesiones por ahogamiento debido a las crecidas; efectos sobre la salud relacionados con las migraciones | Costo de la protección costera comparado con el del desplazamiento geográfico de los usos de la tierra; posible desplazamiento de poblaciones e infraestructuras; véanse también los efectos sobre los ciclones tropicales supra |

Notas:

a) En la Tabla 3.7 del GTI se explican más detalladamente las definiciones.
b) Calentamiento de los días y noches más extremos de cada año.
c) La subidas extremas del nivel del mar dependen del promedio del nivel del mar y de los sistemas atmosféricos regionales. Se define como el 1% más elevado de los valores horarios del nivel del mar observado en una estación para un período de referencia dado.
d) En todos los escenarios, el promedio mundial proyectado del nivel del mar para 2100 es mayor que el del período de referencia. El efecto de la alteración de los sistemas atmosféricos regionales sobre los valores extremos del nivel del mar no ha sido evaluado.

**Calentamiento multisecular estimado respecto del período 1980-1999 para las categorías de estabilización del CIE**

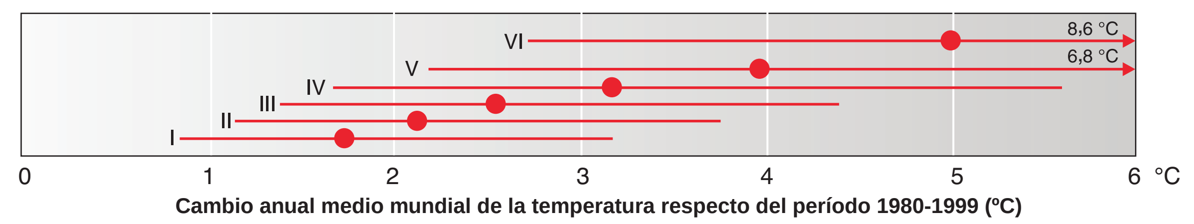



***Figura RRP.8.*** *Calentamiento estimado a largo plazo (siglos) correspondiente a las seis categorías de estabilización del CIE del GTIII (Tabla RRP.6). La escala de temperaturas aparece desplazada en -0,5ºC respecto de la Tabla RRP.6, para reflejar aproximadamente el calentamiento sobrevenido entre la era preindustrial y el período 1980-1999. Para la mayoría de los niveles de estabilización, el promedio mundial de la temperatura progresa hacia el nivel de equilibrio a lo largo de varios siglos. Para los escenarios de emisiones de GEI que predicen una estabilización en niveles comparables a los de los escenarios B1 y A1B de IEEE de aquí a 2100 (600 y 850 ppm de* $CO_2$*-eq; categorías IV y V), los modelos evaluados predicen que en torno a entre el 65% y el 70% del aumento estimado de la temperatura mundial en equilibrio se alcanzaría, para una sensibilidad climática de 3ºC, en las fechas de estabilización. Para escenarios de estabilización mucho más bajos (categorías I y II, Figura RRP.11), la temperatura de equilibrio podría alcanzarse antes (Figura 3.4).*

cambios de gran magnitud en las líneas costeras, e inundaciones en extensiones bajas, y sus efectos serían máximos en los deltas fluviales y en las islas de baja altura. En las proyecciones, tales cambios abarcarían escalas temporales de milenios, aunque no hay que excluir un aumento más rápido del nivel del mar a escalas de tiempo seculares. *{3.4}*

El cambio climático producirá *probablemente* algunos impactos irreversibles. Con un *grado de confianza medio*, entre el 20% y el 30% aproximadamente de las especies consideradas hasta la fecha estarán *probablemente* más amenazadas de extinción si el calentamiento promedio mundial aumenta en más de 1,5-2,5ºC (respecto del período 1980-1999). Si el promedio de la temperatura mundial aumentara en más de 3,5ºC, las proyecciones de los modelos indican que podrían sobrevenir extinciones masivas (entre el 40% y el 70% de las especies estudiadas) en todo el mundo. *{3.4}*

Según las simulaciones de modelos actuales, la circulación de renuevo meridional (CRM) del Océano Atlántico sería *muy probablemente* más lenta durante el siglo XXI; con todo, las temperaturas sobre el Atlántico y en Europa aumentarían. La CRM experimentaría *muy improbablemente* una transición sustancial y abrupta durante el siglo XXI. No es posible evaluar con cierto grado de confianza los cambios de la CRM a más largo plazo. El impacto de un cambio de la CRM persistente y en gran escala afectaría *probablemente* a la productividad de los ecosistemas marinos, a las pesquerías, a la incorporación de $CO_2$ al océano, a las concentraciones de oxígeno en el océano y a la vegetación terrestre. Las alteraciones de la incorporación terrestre y oceánica de $CO_2$ podrían producir un retroefecto sobre el sistema climático. *{3.4}*

## 4. Opciones de adaptación y de mitigación[14]

**Se dispone de una gran diversidad de opciones de adaptación, pero será necesaria una adaptación aun mayor que la actual para reducir la vulnerabilidad al cambio climático. Hay obstáculos, límites y costos que no han sido suficientemente analizados.** ***{4.2}***

Las sociedades hacen frente desde antiguo a los impactos de los fenómenos relacionados con el tiempo y el clima. No obstante, se necesitarán medidas de adaptación adicionales para reducir los impactos adversos del cambio y variabilidad proyectados del clima, con independencia del volumen de medidas de mitigación que se adopten en los próximos dos o tres decenios. Además, la vulnerabilidad al cambio climático puede resultar exacerbada por otros factores de estrés. Por ejemplo, como consecuencia de los actuales fenómenos climáticos peligrosos, de la pobreza y del acceso desigual a los recursos, de la inseguridad alimentaria, de las tendencias de la globalización económica, de los conflictos, y de la incidencia de enfermedades, como el VIH/SIDA. ***{4.2}***

A escala limitada, se están adoptando ya planes de adaptación al cambio climático. La adaptación puede reducir la vulnerabilidad, especialmente cuando se enmarca en iniciativas sectoriales más amplias (Tabla RRP.4). Hay opciones de adaptación viables (*grado de confianza alto*) que es posible aplicar en algunos sectores a bajo costo y/o con un alto coeficiente beneficio/costo. Sin embargo, las estimaciones completas de los costos y beneficios mundiales de la adaptación son escasas. *{4.2, Tabla 4.1}*

**La capacidad adaptativa está íntimamente relacionada con el desarrollo social y económico, aunque se halla desigualmente distribuida tanto entre las sociedades como en el seno de estas.** ***{4.2}***

Existe toda una serie de impedimentos que limitan la aplicación y la efectividad de las medidas de adaptación. La capacidad de adaptación es dinámica, y depende en parte de la base productiva social, en particular de: los bienes de capital naturales y artificiales, las redes y prestaciones sociales, el capital humano y las instituciones, la gobernanza, los ingresos a nivel nacional, la salud y la tecnología. Incluso sociedades de alta capacidad adaptativa siguen siendo vulnerables al cambio climático, a la variabilidad y a los valores extremos. *{4.2}*

[14] Aunque la presente sección aborda por separado la adaptación y la mitigación, estas respuestas pueden ser complementarias. El tema se examina en la Sección 5

**Los estudios realizados, tanto desde una perspectiva ascendente como descendente, indican que hay un *alto nivel de coincidencia* y *abundante evidencia* de que existe un potencial económico sustancial de mitigación de las emisiones mundiales de GEI en los próximos decenios, que podría contrarrestar el crecimiento proyectado de las emisiones mundiales o reducir estas por debajo de los niveles actuales (Figuras RRP.9, RRP.10)[15]. Aunque ambos tipos de estudios concuerdan a nivel mundial (Figura RRP.9), exhiben considerables diferencias a nivel sectorial. *{4.3}***

No existe una única tecnología que aporte todo el potencial de mitigación en un sector dado. El potencial de mitigación económico, que suele ser superior al de mercado, solo se alcanzará cuando se implanten unas políticas adecuadas y se eliminen los obstáculos (Tabla RRP.5). *{4.3}*

Los estudios de planteamiento ascendente parecen indicar que las oportunidades de mitigación con un costo neto negativo podrían reducir las emisiones en aproximadamente 6 $GtCO_2$-eq/año en 2030, para lo cual habría que superar los obstáculos que impiden su implementación. *{4.3}*

Las decisiones futuras de inversión en infraestructuras energéticas, que se esperan superiores a 20.000 millones de dólares[16] entre 2005 y 2030, tendrán efectos a largo plazo sobre las emisiones de GEI, debido al prolongado ciclo de vida de las plantas energéticas y de otros bienes de capital de infraestructura. Una difusión amplia de las tecnologías de bajo contenido de carbono podría tardar muchos decenios, aun cuando las primeras inversiones en esas tecnologías sean atractivas. Las estimaciones iniciales indican que para retroceder hasta el nivel de emisiones de $CO_2$ del sector energético mundial correspondiente a 2005 de aquí a 2030 habría que modificar sustancialmente las pautas de inversión, aunque la inversión adicional neta necesaria sería entre prácticamente nula y del orden de entre el 5% y el 10%. *{4.3}*

**Los gobiernos disponen de una gran diversidad de políticas e instrumentos para crear incentivos que primen las medidas de mitigación. Su aplicabilidad dependerá de las circunstancias nacionales y del contexto sectorial (Tabla RRP.5). *{4.3}***

En particular, habría que integrar las políticas climáticas en políticas de desarrollo, reglamentaciones y normas, impuestos y gravámenes, permisos comerciales, incentivos financieros, acuerdos voluntarios, instrumentos de información, y actividades de investigación, desarrollo y demostración de carácter más general (I+D+D). *{4.3}*

Una señal de precios de carbono eficaz podría redundar en un importante potencial de mitigación en todos los sectores. Los estudios de modelización indican que un aumento mundial de los precios del carbono hasta los 20-80 dólares/$tCO_2$-eq de aquí a 2030 es coherente con una estabilización en torno a 550 ppm de $CO_2$-eq de aquí a 2100. Para ese mismo nivel de estabilización, el cambio tecnológico inducido podría reducir esas horquillas de precios hasta los 5-65 dólares/$tCO_2$-eq en 2030.[17] *{4.3}*

Hay un *nivel de coincidencia alto* y *abundante evidencia* de que las medidas de mitigación pueden redundar en cobeneficios a corto plazo (por ejemplo, una mejora de la salud gracias a una menor polución del aire), que podrían compensar una fracción sustancial de los costos de mitigación. *{4.3}*

Existe un *nivel de coincidencia alto* y un *nivel de evidencia medio* de que las medidas adoptadas por los países del anexo I podrían afectar a la economía mundial y a las emisiones mundiales, aunque la magnitud de la fuga de carbono sigue siendo incierta.[18] *{4.3}*

---

[15] El concepto de **"potencial de mitigación"** responde al propósito de evaluar la escala de las reducciones de GEI que se podrían conseguir, respecto de los valores de emisión de referencia, para un valor dado del precio del carbono (expresado en costo por unidad de emisiones de dióxido de carbono equivalente evitadas o reducidas). El potencial de mitigación puede clasificarse en "potencial de mitigación de mercado" y "potencial de mitigación económico".

El ***potencial de mitigación de mercado*** es el basado en los costos y tasas de descuento privados (y que refleja, por consiguiente, la perspectiva de los consumidores privados y de las empresas) que cabría esperar en unas condiciones de mercado previstas, incluyendo las políticas y medidas actualmente adoptadas, y teniendo presente que los obstáculos limitan la incorporación real.

El ***potencial de mitigación económico*** refleja los costos y beneficios y las tasas de descuento sociales (como reflejo de la perspectiva de la sociedad; las tasas de descuento sociales son inferiores a las aplicadas por los inversores privados), suponiendo que la eficacia del mercado mejore gracias a las políticas y medidas adoptadas y que se eliminen los obstáculos.

El potencial de mitigación se estima sobre la base de diferentes tipos de metodologías. ***Los estudios de perspectiva ascendente*** están basados en la evaluación de las opciones de mitigación, y otorgan especial protagonismo a las tecnologías y reglamentaciones. Suelen ser estudios sectoriales basados en una macroeconomía invariable. ***Los estudios de perspectiva descendente*** evalúan el potencial de opciones de mitigación desde la perspectiva de la economía en su conjunto. Se asientan en marcos coherentes de alcance mundial y en la recopilación de información sobre las opciones de mitigación, y recogen los retroefectos macroeconómicos y de mercado.

[16] 20.000 millones = $20 \times 10^{12}$.

[17] Los estudios analizados en el presente informe con respecto a la aplicación de paquetes de medidas de atenuación y a los costos macroeconómicos están basados en una modelización de estructura descendente. La mayoría de los modelos contemplan esas medidas desde el punto de vista de un costo mundial mínimo y de un comercio universal de emisiones, y presuponen que los mercados son transparentes, que no habrá costos de transacción y, por consiguiente, que las medidas de mitigación podrán implementarse perfectamente durante todo el siglo XXI. Los costos corresponden a una fecha específica. Los costos mundiales introducidos en los modelos aumentarán si se excluyen ciertas regiones, sectores (por ejemplo, uso de la tierra), opciones o gases. Esos mismos costos disminuirán si los valores de referencia son menores, si se utilizan ingresos procedentes de los impuestos sobre el carbono y de los permisos licitados, y si se incluye el fomento del aprendizaje de tecnologías. En estos modelos no se contem plan los beneficios climáticos ni, en líneas generales, los cobeneficios de las medidas de mitigación u otros aspectos relativos al capital en acciones. Se ha avanzado mucho en la aplicación de metodologías basadas en el cambio tecnológico inducido a los estudios de estabilización; sin embargo, subsisten algunos problemas conceptuales. En los modelos que contemplan el cambio tecnológico inducido, los costos proyectados para un nivel de estabilización dado son menores; las reducciones son mayores cuando el nivel de estabilización es más bajo.

[18] Se encontrará más información al respecto en el Tema 4 del Informe de síntesis.

***Tabla RRP.4.*** *Ejemplos de adaptación planificada, por sectores {Tabla 4.1}.*

| **Sector** | **Opción/estrategia de adaptación** | **Marco de políticas básico** | *Limitaciones principales y oportunidades de implementación (en fuente normal: limitaciones; en cursiva: oportunidades)* |
|---|---|---|---|
| **Agua** | Potenciación de la recogida de agua de lluvia; técnicas de almacenamiento y conservación de agua; reutilización del agua; desalación; eficiencia de uso del agua y de la irrigación. | Políticas nacionales sobre el agua y gestión integrada de los recursos hídricos; gestión de fenómenos peligrosos relacionados con el agua. | Recursos financieros y humanos, y obstáculos físicos; *gestión integrada de los recursos hídricos; sinergias con otros sectores*. |
| **Agricultura** | Modificación de las fechas de siembra y plantación y de las variedades de cultivo; reubicación de cultivos; mejora de la gestión de las tierras (por ejemplo, control de la erosión y protección del suelo mediante la plantación de árboles). | Políticas de I+D; reforma institucional; tenencia y reforma de la tierra; formación; creación de capacidad; aseguramiento de cultivos; incentivos financieros (por ejemplo, subvenciones y créditos fiscales). | Limitaciones tecnológicas y financieras; acceso a nuevas variedades; mercados; *mayor duración de la temporada de cultivo en latitudes superiores; ingresos procedentes de productos "nuevos"*. |
| **Infraestructura/ asentamientos (incluidas las zonas costeras)** | Reubicación; muros de contención marina y barreras contra mareas de tempestad; reforzamiento de dunas; adquisición de tierras y creación de marismas/humedales como retardadores del aumento del nivel del mar y de las inundaciones; protección de las barreras naturales existentes. | Normas y reglamentaciones que integren en el diseño las consideraciones sobre el cambio climático; políticas de uso de la tierra; ordenanzas de edificación; seguros. | Obstáculos financieros y tecnológicos; disponibilidad de espacio para reubicación; *políticas y gestiones integradas; sinergias con metas de desarrollo sostenible*. |
| **Salud humana** | Planes de actuación para hacer frente a los efectos del calor sobre la salud; servicios médicos de emergencia; mejora de las medidas de monitoreo y control de enfermedades sensibles al clima; agua salubre, y mejora de los saneamientos. | Políticas de salud pública que reconozcan los riesgos climáticos; consolidación de los servicios sanitarios; cooperación regional e internacional. | Límites de la tolerancia humana (grupos vulnerables); limitación de los conocimientos; capacidad financiera; *mejora de los servicios de salud; mejora de la calidad de vida*. |
| **Turismo** | Diversificación de las atracciones e ingresos turísticos; desplazamiento de las pistas de esquí a altitudes superiores y a glaciares; fabricación de nieve artificial. | Planificación integrada (por ejemplo, capacidad de transporte; vínculos con otros sectores); incentivos financieros (por ejemplo, subvenciones y créditos fiscales). | Atractivo/comercialización de nuevas atracciones; desafíos financieros y logísticos; efectos potencialmente adversos sobre otros sectores (por ejemplo, la fabricación de nieve artificial podría incrementar la utilización de energía); *ingresos procedentes de "nuevas" atracciones; participación de un mayor número de partes interesadas*. |
| **Transporte** | Reordenación/reubicación; normas de diseño y planificación de carreteras, ferrocarriles y otras infraestructuras para hacer frente al calentamiento y a los fenómenos de drenado. | Consideración del cambio climático en las políticas de transporte nacionales; inversión en I+D en situaciones especiales (por ejemplo, áreas de permafrost). | Obstáculos financieros y tecnológicos; disponibilidad de rutas menos vulnerables; *mejora de las tecnologías e integración con sectores clave (por ejemplo, energía)*. |
| **Energía** | Consolidación de la infraestructura secundaria de transmisión y distribución; cableado subterráneo para servicios públicos básicos; eficiencia energética; utilización de fuentes renovables; menor dependencia de fuentes de energía únicas. | Políticas energéticas nacionales, reglamentaciones, e incentivos fiscales y financieros para alentar la utilización de fuentes alternativas; incorporación del cambio climático en las normas de diseño. | Acceso a alternativas viables; impedimentos financieros y tecnológicos; aceptación de nuevas tecnologías; *estimulación de nuevas tecnologías; utilización de recursos locales*. |

*Nota:* En muchos sectores, otros ejemplos incluirían los sistemas de aviso temprano.

Los países exportadores de combustibles de origen fósil (tanto los del Anexo I como los no incluidos en el Anexo I) podrían esperar, como se indica en el TIE, una disminución de la demanda de los precios y un menor crecimiento del PIB por efecto de las políticas de mitigación. La magnitud de ese efecto de rebose dependerá, en gran medida, de los supuestos en que se basen las decisiones de políticas y de las condiciones del mercado del petróleo.

Hay también un *nivel de coincidencia alto* y un *nivel de evidencia medio* de que el cambio de los modos de vida, de las pautas de comportamiento y de las prácticas de gestión pueden contribuir a la mitigación del cambio climático en todos los sectores. *{4.3}*

**Existen múltiples opciones para reducir las emisiones mundiales de GEI mediante la cooperación internacional. Hay un *nivel de coincidencia alto* y *abundante evidencia* de que el establecimiento de una respuesta mundial al cambio climático, el estímulo de toda una serie de políticas nacionales y la creación de un mercado internacional del carbono y de nuevos mecanismos institucionales al respecto son logros notables de la CMCC y de su Protocolo de Kyoto que podrían sentar las bases de los futuros esfuerzos de mitigación. Se ha avanzado también en el tratamiento de la adaptación en el marco de la CMCC y se han sugerido iniciativas internacionales ulteriores. *{4.5}***

**Comparación entre el potencial económico mundial de mitigación y el aumento proyectado de las emisiones en 2030**

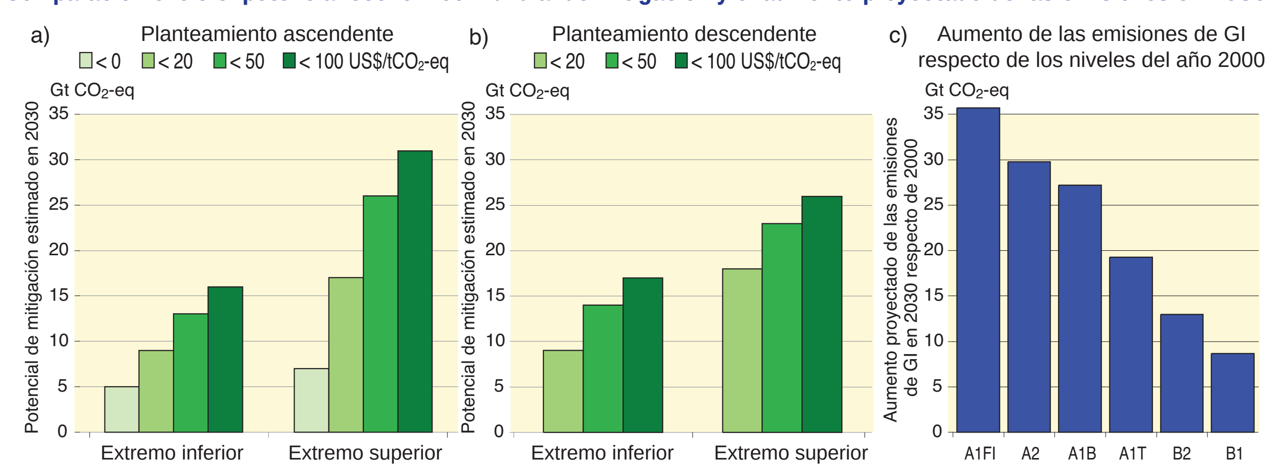



*Figura RRP.9. Potencial económico mundial de mitigación en 2030 estimado mediante estudios de planteamiento ascendente (gráfica a) y descendente (gráfica b), comparado con los aumentos de emisión proyectados resultantes de los escenarios IEEE respecto de las emisiones de GEI en 2000, cifradas en 40,8 $GtCO_2$-eq (gráfica c). Nota: las emisiones de GEI en 2000 proceden exclusivamente de la descomposición de la biomasa que queda en el suelo tras la tala y deforestación y de los incendios de turberas y suelos de turba drenados, a fin de mantener la coherencia con los resultados de emisiones del IEEE. {Figura 4.1}*

**Potencial económico de mitigación por sectores en 2030, estimado mediante estudios de planteamiento ascendente**

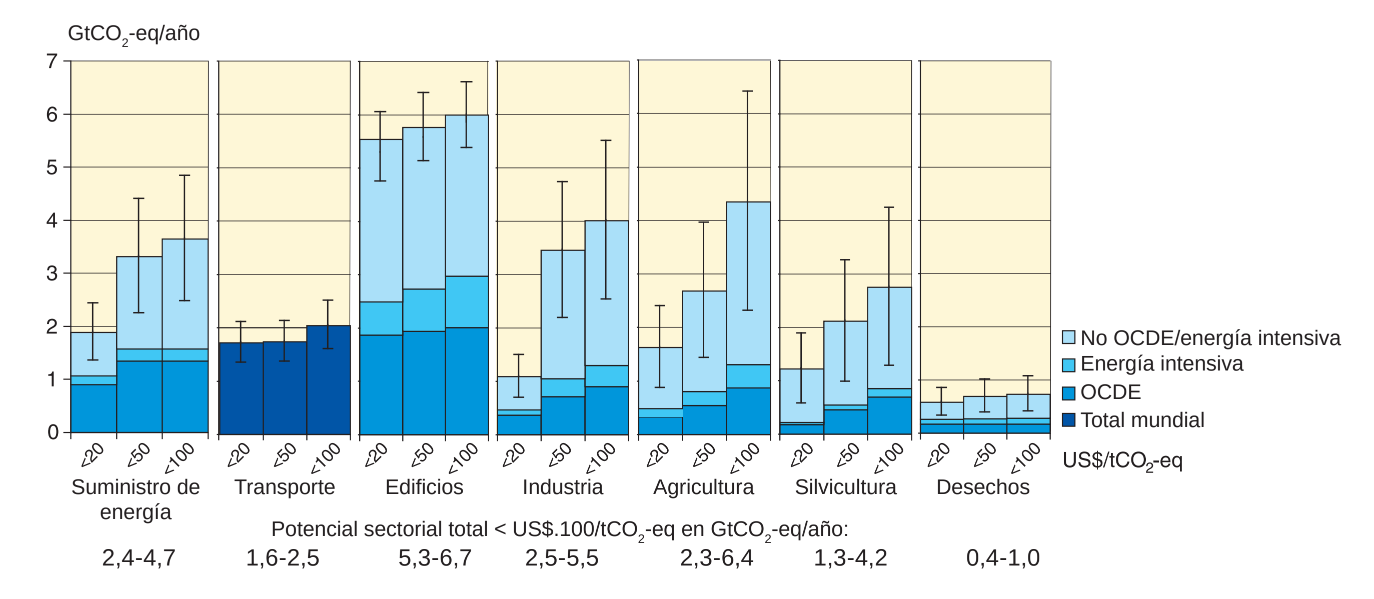



*Figura RRP.10. Potencial de mitigación económico estimado en 2030 mediante estudios de planteamiento ascendente, por sectores, comparado con los valores de referencia respectivos en que se basan las evaluaciones sectoriales. Estos potenciales no incluyen opciones no técnicas, como la alteración de los estilos de vida. {Figura 4.2}*

Notas:

a) Las líneas verticales representan la gama de potenciales económicos mundiales evaluada para cada sector. Esos valores están basados en la asignación de los usos finales de las emisiones; en otras palabras: las emisiones procedentes de la utilización de electricidad se contabilizan en términos de los sectores de uso final, y no del sector de suministro de energía.

b) Los potenciales estimados están limitados por la disponibilidad de estudios al respecto, particularmente para unos niveles elevados del precio del carbono.

c) Estos sectores tienen valores de referencia diferentes. Para la industria se adoptaron los valores B2 del IEEE, mientras que para el suministro de energía y para el transporte se han utilizado los valores de EOO 2004; para el sector de construcción, los valores de referencia están comprendidos entre los B2 y A1B del IEEE; para los desechos, se han utilizado las fuerzas originantes del A1B del IEEE para construir unos valores de referencia específicos; en agricultura y silvicultura, las referencias han sido principalmente las fuerzas originantes de B2.

d) Se indican únicamente los totales mundiales respecto del sector transporte, ya que se ha incluido la aviación internacional.

e) Las categorías excluidas son: emisiones distintas de $CO_2$ en construcción y transporte, parte de las opciones en cuanto a eficiencia de materiales, producción de calor y cogeneración para el suministro de energía, vehículos de alto rendimiento; fletes y transporte de pasajeros de alto número de ocupantes, una mayor parte de las opciones de alto costo para los edificios, tratamiento de aguas de desecho, reducción de las emisiones de las minas de carbón y de las conducciones de gas, y gases fluorados procedentes del suministro y transporte de energía. El potencial económico total de esas emisiones está subestimado en un porcentaje del orden de 10% a 15%.

***Tabla RRP.5.*** *Ejemplos de tecnologías de mitigación sectorial clave, políticas y medidas, limitaciones y oportunidades {Tabla 4.2}*

| Sector | Tecnologías de mitigación clave y prácticas actualmente disponibles a nivel comercial.<br>Las tecnologías y prácticas de mitigación clave que se prevé comercializar antes de 2030 se muestran en cursiva. | **Políticas, medidas e instrumentos que han demostrado ser medioambientalmente eficaces** | Limitaciones u oportunidades clave<br>(en fuente normal: limitaciones;<br>en cursiva: oportunidades) |
|---|---|---|---|
| **Suministro de energía** | Mejora del suministro y de la eficacia de distribución; sustitución de carbono por gas como combustible; energía nuclear; calor y energías renovables (energía hidroeléctrica, solar, eólica, geotérmica, y bioenergía); utilización combinada de calor y de energía eléctrica; aplicaciones tempranas de captación y almacenamiento de dióxido de carbono (CAD) (por ejemplo, almacenamiento de $CO_2$ detraído de gas natural), *CAD de gas, biomasa e instalaciones de generación de electricidad alimentada por carbón; energía nuclear avanzada; energía renovable avanzada, incluidas las energías de mareas y olas, de concentración solar, y fotovoltaica solar* | Reducción de subvenciones a los combustibles de origen fósil; impuestos o gravámenes sobre el carbono aplicados a los combustibles de origen fósil | La resistencia debida a intereses creados puede hacerlos difíciles de aplicar |
| | | Aranceles de introducción para tecnologías de energía renovable; obligaciones en energías renovables; subvenciones a los productores | *Podría ser conveniente crear mercados de tecnologías de bajas emisiones* |
| **Transporte** | Vehículos de mayor aprovechamiento de combustible; vehículos híbridos; vehículos diesel más limpios; biocombustibles; sustitución del transporte diario por los sistemas de transporte ferroviario y públicos; transporte no motorizado (en bicicleta, a pie); planificación del uso de la tierra y del transporte;* *biocombustibles de segunda generación; aeronaves de alta eficiencia; vehículos eléctricos e híbridos avanzados con baterías más potentes y fiables* | Obligatoriedad del ahorro de combustible, mezcla de biocombustibles, y normas sobre $CO_2$ para el transporte viario | La cobertura parcial de las flotas de vehículos podría limitar la eficacia |
| | | Impuestos sobre la compra, registro, utilización y combustibles de los vehículos, precios de las carreteras y de los aparcamientos | La efectividad podría disminuir con el aumento de los ingresos |
| | | Influir en las necesidades de movilidad mediante reglamentaciones del uso de la tierra y planificación de las infraestructuras; inversión en instalaciones de transporte público atractivas y en medios de transporte no motorizados | *Particularmente apropiado para los países que están constituyendo sus sistemas de transporte* |
| **Edificios** | Iluminación eficiente y aprovechamiento de la luz del día; aparatos eléctricos y dispositivos de calefacción y refrigeración más eficaces; mejora de los quemadores de las cocinas, mejora del aislamiento; diseño solar pasivo y activo para calefacción y refrigeración; fluidos de refrigeración alternativos, recuperación y reciclado de los gases fluorados; *diseño integrado de edificios comerciales que incorporen tecnologías como sensores inteligentes que permitan introducir reajustes y controles; energía fotovoltaica solar integrada en los edificios* | Normas y etiquetado de electrodomésticos | Necesidad de revisión periódica de las normas |
| | | Normas de construcción y certificaciones | *Interesante para edificios nuevos*. El cumplimiento puede ser difícil |
| | | Programas de gestión orientados a la demanda | Necesidad de reglamentaciones en beneficio de los servicios públicos básicos |
| | | Programas de liderazgo del sector público, y en particular compras | *Las compras estatales pueden incrementar la demanda de productos de aprovechamiento energético* |
| | | Incentivos para empresas de servicios energéticos (ESCOs) | *Factor de éxito: posibilidad de financiación por terceros* |
| **Industria** | Uso final más eficiente de los equipos eléctricos; recuperación de calor y de energía; reciclado y sustitución de materiales; control de emisiones de gases distintos del $CO_2$; y toda una serie de tecnologías específicas de procesos; *eficiencia energética avanzada; CAD en la fabricación de cementos, amoniaco y hierro; electrodos inertes para la fabricación de aluminio* | Suministro de información de referencia; normas de calidad de funcionamiento; subvenciones, créditos fiscales | *Puede ser conveniente para estimular la incorporación de tecnologías.* La estabilidad de la política nacional es importante, con miras a la competitividad internacional |
| | | Permisos comerciales | Unos mecanismos de asignación predecibles y unas señales de precios estables son importantes para las inversiones |
| | | Acuerdos voluntarios | Algunos factores de éxito: objetivos claros, un escenario de referencia, participación de terceros en el diseño y revisión de las disposiciones de monitoreo instauradas, estrecha cooperación entre el gobierno y la industria |
| **Agricultura** | Mejora de la gestión de las tierras de cultivo y de pastoreo para incrementar el almacenamiento de carbono en el suelo; restauración de suelos turbosos cultivados y de tierras degradadas; mejora de las técnicas de cultivo del arroz, y gestión del ganado y del estiércol para reducir las emisiones de $CH_4$; mejora de las técnicas de aplicación de fertilizantes nitrogenados, para reducir las emisiones de $N_2O$; cultivos especializados para la sustitución de los combustibles fosílicos; mejora de la eficiencia energética; *mejora del rendimiento de los cultivos* | Incentivos y reglamentaciones financieros para mejorar la gestión de las tierras, el mantenimiento del contenido de carbono en los suelos, la utilización eficiente de los fertilizantes, y la irrigación | *Puede estimular las sinergias con el desarrollo sostenible y con la atenuación de la vulnerabilidad al cambio climático, superando de ese modo los obstáculos a la implementación* |
| **Silvicultura/ bosques** | Forestación; reforestación; gestión de bosques; reducción de la deforestación; gestión de productos de madera cultivados; utilización de productos forestales para la obtención de biocombustibles que sustituyan los combustibles de origen fósil; mejora de las especies de árboles para aumentar la productividad de biomasa y el secuestro de carbono. *Mejora de las tecnologías de teledetección para el análisis del potencial de secuestro de carbono en la vegetación/el suelo, y topografía de los cambios de uso de la tierra* | Incentivos financieros (nacionales e internacionales) para incrementar la superficie forestal, para reducir la deforestación, y para mantener y gestionar los bosques; reglamentaciones sobre el uso de la tierra, y cumplimiento de estas | Algunas de las limitaciones son la falta de capital inversor y los problemas de tenencia de las tierras. *Puede ayudar a atenuar la pobreza* |
| **Desechos** | *Recuperación de $CH_4$ en vertederos; incineración de desechos con recuperación de energía; compostado de desechos orgánicos; tratamiento controlado de las aguas de desecho; reciclado y minimización de desechos; biocubiertas y biofiltros para optimizar la oxidación del $CH_4$* | Incentivos financieros para mejorar la gestión de desechos y de aguas de desecho | *Puede estimular la difusión de tecnologías* |
| | | Incentivos u obligaciones en materia de energías renovables | Disponibilidad local de combustibles de bajo costo |
| | | Reglamentaciones de gestión de desechos | Aplicación óptima a nivel nacional, con estrategias de cumplimiento |

Un mayor esfuerzo de cooperación y una ampliación de los mecanismos de mercado ayudarán a reducir los costos mundiales que entraña la consecución de un nivel de mitigación dado, o mejorarán la eficacia medioambiental. Los esfuerzos pueden ser de diversa índole, por ejemplo: objetivos de emisiones; actuaciones a nivel sectorial, local, o subnacional y regional; programas de I+D+D; adopción de políticas comunes; aplicación de medidas orientadas al desarrollo; o ampliación de instrumentos de financiación. *{4.5}*

**En varios sectores es posible implementar opciones de respuesta para obtener sinergias y para evitar conflictos con otras dimensiones del desarrollo sostenible. Las decisiones sobre políticas macroeconómicas y otras políticas no climáticas pueden afectar notablemente las emisiones, la capacidad adaptativa y la capacidad adaptativa y la vulnerabilidad. *{4.4, 5.8}***

Si se consigue un desarrollo más sostenible se podrán potenciar las capacidades de mitigación y de adaptación, y reducir las emisiones y la vulnerabilidad, pero podría haber impedimentos para su implementación. Por otra parte, es *muy probable* que el cambio climático reduzca la rapidez de los progresos hacia el desarrollo sostenible. En el próximo medio siglo, el cambio climático podría dificultar la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio. *{5.8}*

## 5. La perspectiva a largo plazo

**La determinación de lo que se entiende por “interferencia antropógena peligrosa con el sistema climático” en relación con el Artículo 2 de la CMCC implica juicios de valor. La ciencia, a ese respecto, puede ayudar a adoptar decisiones con conocimiento de causa, en particular proporcionando criterios para decidir cuáles serán las vulnerabilidades que se podrían considerar “clave”. *{Recuadro “Vulnerabilidades clave y Artículo 2 de la CMCC”, Tema 5}***

Las vulnerabilidades clave[19] pueden estar asociadas a gran número de sistemas climáticos sensibles, como el abastecimiento de alimentos, la infraestructura, la salud, los recursos hídricos, los sistemas costeros, los ecosistemas, los ciclos biogeoquímicos mundiales, los mantos de hielo, o los modos de circulación oceánica y atmosférica. *{Recuadro “Vulnerabilidades clave y Artículo 2 de la CMCC”, Tema 5}*

**Los ‘cinco aspectos preocupantes’ señalados en el TIE siguen constituyendo un marco viable para el estudio de las vulnerabilidades clave. En el presente trabajo, esos ‘aspectos’ se consideran más preocupantes que en el TIE. Muchos de los riesgos se identifican aquí con un grado de confianza más alto. Algunos serán mayores, según las proyecciones, o se harán presentes con aumentos menores de la temperatura. La relación entre los impactos (el fundamento de los “aspectos preocupantes” del TIE) y la vulnerabilidad (incluida la capacidad de adaptarse a los impactos) se conoce ahora con mayor detalle. *{5.2}***

Ello se debe a una identificación más precisa de las circunstancias que hacen especialmente vulnerables a los sistemas, sectores y regiones, y a una evidencia creciente del riesgo de impactos de gran magnitud en escalas de tiempo multiseculares. *{5.2}*

- ***Riesgos que amenazan a sistemas únicos y amenazados***. Hay una mayor y más clara evidencia de que han podido observarse impactos del cambio climático sobre sistemas únicos y vulnerables (como las comunidades y ecosistemas polares y de alta montaña), cuyo carácter negativo aumenta con la temperatura. Las proyecciones indican, con un grado de confianza mayor que en el TIE, un mayor riesgo de extinción de especies y de daños a los arrecifes de coral a medida que aumente la temperatura. Con un *grado de confianza medio*, en torno al 20-30% de las especies vegetales y animales evaluadas hasta la fecha estarían sujetas *probablemente* a un mayor riesgo de extinción si el aumento del promedio mundial de temperatura excediese de 1,5-2,5°C por encima de los niveles de 1980-1999. Hay un grado de confianza mayor en que un aumento de 1-2ºC de la temperatura media mundial respecto de los niveles de 1990 (aproximadamente 1,5-2,5ºC respecto de la era preindustrial) entrañaría importantes riesgos para numerosos sistemas únicos y amenazados y, en particular, para numerosas regiones de rica biodiversidad. Los corales son vulnerables al estrés térmico y su capacidad adaptativa es baja. Según las proyecciones, un aumento de la temperatura del mar en superficie de aproximadamente 1-3ºC acrecentaría la frecuencia de casos de decoloración de corales y la mortalidad de estos en gran escala, a menos que intervenga una adaptación térmica o aclimatación de esas especies. Las proyecciones indican también una mayor vulnerabilidad de las comunidades indígenas de la region ártica y de las comunidades que habitan en islas pequeñas. *{5.2}*
- ***Riesgos de fenómenos meteorológicos extremos***. Las respuestas a ciertos fenómenos extremos recientes revelan un nivel de vulnerabilidad mayor que el señalado en el TIE. Ha aumentado el grado de confianza en que aumentarán las sequías, las olas de calor y las crecidas, así como sus impactos adversos. *{5.2}*
- ***Distribución de impactos y de vulnerabilidades***. Existen marcadas diferencias entre regiones, y las de economía más débil suelen ser las más vulnerables al cambio climático. Aumenta la evidencia de que se agravará la vulnerabilidad de determinados grupos, como los menesterosos y los ancianos, no solo en los países en desarrollo sino también en los desarrollados. Además, hay cada vez más evidencia de que en las áreas de baja latitud y menos desarrolladas el riesgo suele ser menor, como sucede en las áreas secas y en los grandes deltas. *{5.2}*

[19] Las vulnerabilidades clave pueden identificarse con base en ciertos criterios propuestos en diversos artículos de investigación, como la magnitud, la cronología, la persistencia/reversibilidad, el potencial de adaptación, ciertos aspectos relacionados con la distribución, la verosimilitud y la “importancia” de los impactos.

- ***Impactos totalizados***. Los beneficios netos iniciales del cambio climático en términos de mercado serían máximos para un nivel de calentamiento menor que en los resultados del TIE, mientras que los daños serían mayores para magnitudes de calentamiento superiores. Según las proyecciones, el costo neto de los impactos de un mayor calentamiento aumentaría con el tiempo. *{5.2}*
- ***Riesgos de singularidades de gran escala***. Con un *grado de confianza alto*, un calentamiento mundial a lo largo de varios siglos implicaría una contribución de la dilatación térmica al aumento del nivel del mar que sería de una magnitud mucho mayor que la observada durante el siglo XX, y conllevaría la pérdida de extensiones costeras y otros impactos concomitantes. En comparación con el TIE, se aprecia más claramente que el riesgo de que los mantos de hielo de Groenlandia y, posiblemente, de la región antártica contribuyan adicionalmente al aumento del nivel del mar podría ser mayor de lo indicado por los modelos de mantos de hielo y podría producirse a escalas seculares. Ello se debe a que los procesos dinámicos de hielo constatados en observaciones recientes, aunque no incluidos en los modelos de mantos de hielo contemplados en CIE, podrían acelerar la pérdida de hielo. *{5.2}*

**Hay un *grado de confianza alto* en que ni la adaptación ni la mitigación conseguirán evitar, por sí solas, todos los impactos del cambio climático; pueden, sin embargo, complementarse entre sí y, conjuntamente, reducir de manera notable los riesgos de cambio climático. *{5.3}***

La adaptación es necesaria a corto y largo plazo para hacer frente a los impactos del calentamiento, incluso con los escenarios de estabilización más prudentes utilizados. Hay obstáculos, límites y costos cuya naturaleza, sin embargo, no se conoce en detalle. A largo plazo, un cambio climático sin medidas de mitigación superaría *probablemente* la capacidad de adaptación de los sistemas naturales, gestionados y humanos. Las fechas en que podrían alcanzarse esos límites variarán según los sectores y las regiones. Una adopción temprana de medidas de mitigación rompería la dependencia de las infraestructuras de utilización intensiva de carbono y reduciría el cambio climático y las consiguientes necesidades de adaptación. *{5.2, 5.3}*

**Muchos de los impactos pueden ser reducidos, retardados o evitados mediante medidas de mitigación. Los esfuerzos e inversiones en mitigación de los próximos dos o tres decenios determinarán en gran medida las oportunidades de alcanzar unos niveles de estabilización inferiores. El retardo en la reducción de emisiones reducirá notablemente esas oportunidades, e incrementará el riesgo de agravamiento de las repercusiones del cambio climático. *{5.3, 5.4, 5.7}***

A fin de estabilizar la concentración de GEI en la atmósfera, las emisiones tendrían que alcanzar un nivel máximo y disminuir subsiguientemente. Cuanto más bajo sea el nivel de estabilización, más rápidamente se materializará esa tendencia.[20] *{5.4}*

En la Tabla RRP.6 y en la Figura RRP.11 se resumen los niveles de emisión necesarios para diferentes grupos de concentraciones de estabilización, así como el calentamiento mundial resultante en condiciones de equilibrio y el aumento del nivel del mar a largo plazo por efecto únicamente de la dilatación térmica.[21] La cronología y el nivel de mitigación necesarios para alcanzar un nivel de estabilización de temperaturas dado acaecen más temprano, y son más restrictivos cuando la sensibilidad climática es elevada. *{5.4, 5.7}*

El aumento del nivel del mar por efecto del calentamiento es inevitable. La dilatación térmica proseguiría durante muchos siglos una vez estabilizadas las concentraciones de GEI para todos los niveles de estabilización examinados, dando lugar a un aumento del nivel del mar mucho mayor del proyectado para el siglo XXI. La pérdida del manto de hielo de Groenlandia podría contribuir en varios metros, más de lo aportado por la dilatación térmica, si durante varios siglos se mantuviese un nivel de calentamiento superior a entre 1,9 y 4,6ºC respecto del nivel preindustrial. La gran magnitud de las escalas de tiempo que conlleva la dilatación térmica y la respuesta del manto de hielo al calentamiento implican que la estabilización de las concentraciones de GEI en niveles actuales o superiores no estabilizaría el nivel del mar durante muchos siglos. *{5.3, 5.4}*

**Hay un *nivel de coincidencia alto* y *abundante evidencia* de que pueden alcanzarse todos los niveles de estabilización estudiados si se implementa una serie de tecnologías actualmente disponibles o que previsiblemente se comercializarán en los próximos decenios, suponiendo que haya incentivos apropiados y eficaces para su desarrollo, adquisición, implantación y difusión, y para hacer frente a los obstáculos correspondientes. *{5.5}***

Todos los escenarios de estabilización estudiados indican que entre un 60% y un 80% de las reducciones provendría del abastecimiento y utilización de energía y de los procesos industriales, y que la eficiencia energética desempeñaría un papel esencial en numerosos escenarios. La inclusión de opciones de mitigación respecto al uso de la tierra y a la silvicultura, con o sin $CO_2$, confiere una mayor flexibilidad y una mejor relación eficacia/costo. Unos niveles de estabilización bajos conllevan un desembolso de inversiones en breve plazo y una difusión y comercialización mucho más rápidas de tecnologías de bajas emisiones avanzadas. *{5.5}*

De no mediar unos flujos de inversión sustanciales y una eficaz transferencia de tecnologías, podría ser difícil conseguir un nivel apreciable de reducción de las emisiones. El impulso a

[20] Para la categoría de escenarios de mitigación más optimistas, las emisiones tendrían que alcanzar su nivel máximo no más tarde de 2015, y para los más pesimistas no más tarde de 2090 (véase la Tabla RRP.6). Otros escenarios basados en trayectorias de emisiones distintas, presentan diferencias sustanciales en cuanto a la rapidez del cambio climático mundial.

[21] El CIE no ofrece estimaciones de la evolución de la temperatura durante el presente siglo con los escenarios de estabilización. Para la mayoría de los niveles de estabilización, el promedio de la temperatura mundial alcanza el nivel de equilibrio al cabo de varios siglos. Con escenarios de estabilización mucho más optimistas (categorías I y II, Figura RRP.11), la temperatura en equilibrio podría alcanzarse antes.

***Tabla RRP.6.*** *Características de los escenarios de estabilización posteriores al TIE y promedio mundial de temperatura resultante en condiciones de equilibrio a largo plazo, y aumento del nivel del mar debido únicamente a la dilatación térmica.[a] {Tabla 5.1}*

| Categoría | Concentración de $CO_2$ en la fecha de estabilización (2005: 379 ppm) [b] | Concentración de $CO_2$-equivalente en la fecha de estabilización, incluidos los GEI y aerosoles (2005: 375 ppm) [b] | Año del nivel máximo de emisiones de $CO_2$ [a, c] | Variación de las emisiones mundiales de $CO_2$ en 2050 (porcentaje del nivel de emisiones en 2000) [a, c] | Aumento del promedio mundial de temperatura por encima de los niveles preindustriales en equilibrio, con base en una "estimación óptima" de la sensibilidad climática [d,e] | Promedio mundial del aumento del nivel del mar por encima de los niveles preindustriales en condiciones de equilibrio por efecto únicamente de la dilatación térmica [f] | Número de escenarios examinados |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ppm | ppm | Año | Porcentaje | °C | metros | |
| I | 350 – 400 | 445 – 490 | 2000 – 2015 | -85 a -50 | 2,0 – 2,4 | 0,4 – 1,4 | 6 |
| II | 400 – 440 | 490 – 535 | 2000 – 2020 | -60 a -30 | 2,4 – 2,8 | 0,5 – 1,7 | 18 |
| III | 440 – 485 | 535 – 590 | 2010 – 2030 | -30 a +5 | 2,8 – 3,2 | 0,6 – 1,9 | 21 |
| IV | 485 – 570 | 590 – 710 | 2020 – 2060 | +10 a +60 | 3,2 – 4,0 | 0,6 – 2,4 | 118 |
| V | 570 – 660 | 710 – 855 | 2050 – 2080 | +25 a +85 | 4,0 – 4,9 | 0,8 – 2,9 | 9 |
| VI | 660 – 790 | 855 – 1130 | 2060 – 2090 | +90 a +140 | 4,9 – 6,1 | 1,0 – 3,7 | 5 |

Notas:

a) En los estudios de mitigación aquí examinados, el nivel de reducción de emisiones necesario para alcanzar un nivel de estabilización dado podría estar subestimado debido a la ausencia de retroefectos del ciclo de carbono (véase también el Tema 2).

b) Las concentraciones de $CO_2$ en la atmósfera se cifraron en 379 ppm en 2005. La estimación óptima de la concentración total de $CO_2$-eq en 2005 para todos los GEI de larga permanencia es de aproximadamente 455 ppm, mientras que el valor correspondiente, incluido el efecto neto de todos los agentes de forzamiento antropógeno, es de 375 ppm de $CO_2$-eq.

c) Los intervalos de valores corresponden a los percentilos 15 a 85 de la distribución de escenarios posteriores al TIE. Se indican las emisiones de $CO_2$ a fin de poder comparar los escenarios multigás con los escenarios de tan solo $CO_2$ (véase la Figura RRP.3).

d) La estimación óptima de la sensibilidad climática es de 3°C.

e) Obsérvese que el promedio mundial de temperatura en equilibrio es diferente del esperado en la fecha de estabilización de las concentraciones de GEI, debido a la inercia del sistema climático. Para la mayoría de escenarios examinados, la estabilización de las concentraciones de GEI se alcanza entre 2100 y 2150 (véase también la Nota 21 de pie de página).

f) El aumento del nivel del mar en equilibrio refleja únicamente los efectos de la dilatación térmica, y el nivel de equilibrio no se alcanza durante como mínimo varios siglos. Estos valores han sido estimados mediante modelos del clima relativamente simples (un MCGAO de baja resolución y varios MCIT con base en una estimación óptima de 3°C de sensibilidad climática), y no incluyen la aportación proveniente de la fusión de los mantos de hielo, glaciares y casquetes de hielo. Según las proyecciones, la dilatación térmica a largo plazo dará lugar a un aumento de entre 0,2 y 0,6 m por grado Celsius de calentamiento promedio mundial en exceso de los niveles preindustriales. (MCGAO: Modelo de Circulación General Atmósfera-Océano; MCIT: Modelo de Complejidad Intermedia del Sistema Tierra).

**Emisiones de $CO_2$ y aumento de la temperatura en equilibrio para una serie de niveles de estabilización**

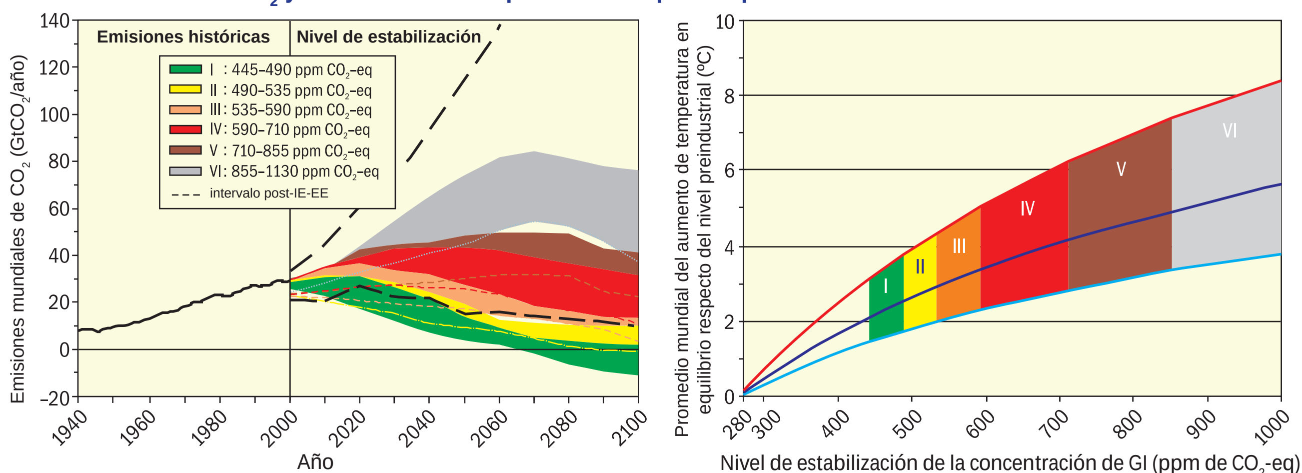



***Figura RRP.11****.* Emisiones mundiales de $CO_2$ para el período 1940-2000 e intervalos de valores de emisiones para las categorías de escenarios de estabilización que abarcan desde 2000 hasta 2100 (gráfica izquierda); y la correspondiente relación entre el objetivo de estabilización y el probable promedio mundial del aumento de temperatura en condiciones de equilibrio en exceso de los niveles preindustriales (gráfica derecha). La evolución hasta el punto de equilibrio puede durar varios siglos, especialmente en escenarios con niveles de estabilización más altos. Las áreas de color representan los escenarios de estabilización agrupados en función de diferentes objetivos (categorías de estabilización I a VI). En la gráfica derecha se indican los valores del promedio mundial de temperatura respecto de los niveles preindustriales, con base en: i) una sensibilidad climática de 3°C según la "estimación óptima" (línea negra central de la región sombreada), ii) una cota superior del intervalo probable de sensibilidades climáticas de 4,5ºC (línea roja del contorno superior de la región sombreada), iii) una cota inferior del intervalo probable de sensibilidades climáticas de 2°C (línea azul inferior de la región sombreada). Las líneas negras de trazos de la gráfica izquierda representan el intervalo de emisiones contemplado en los escenarios de referencia recientes publicados desde el IEEE (2000). Los intervalos de emisiones de los escenarios de estabilización abarcan escenarios de solo $CO_2$ y multigás, y se corresponden con el percentilo 10-90 de la distribución total de escenarios. Nota: En la mayoría de los modelos, las emisiones de $CO_2$ no incluyen las procedentes de la descomposición de la biomasa que queda sobre el suelo tras la tala y desforestación, ni de los incendios de turba o de los suelos turbosos drenados. *{Figura 5.1}*

la financiación de los costos incrementales de las tecnologías de bajo contenido de carbono sería un elemento importante. *{5.5}*

**Los costos macroeconómicos de la mitigación suelen aumentar a la par que el carácter restrictivo del objetivo de estabilización (Tabla RRP.7). Para determinados países y sectores, los costos variarán considerablemente respecto del promedio mundial.[22] *{5.6}***

En 2050, el promedio de los costos macroeconómicos mundiales de la mitigación necesaria para conseguir la estabilización entre 710 y 445 ppm de $CO_2$-eq representa entre un aumento del 1% y una disminución del 5,5% del PIB mundial (Tabla RRP.7). Estos valores corresponden a una ralentización promedia del crecimiento mundial anual del PIB de menos de 0,12 puntos porcentuales. *{5.6}*

**La respuesta al cambio climático conlleva a un proceso de gestión de riesgos iterativo que abarca tanto medidas de adaptación como de mitigación y que tiene presentes los daños, los cobeneficios, la sostenibilidad, la equidad y las actitudes ante el riesgo en relación con el cambio climático. *{5.1}***

Es *muy probable* que los impactos del cambio climático impongan un costo anual neto que aumente a medida que lo hacen las temperaturas mundiales. Las estimaciones del costo social del carbono en 2005 revisadas por homólogos[23] arrojan un promedio de USD12 por tonelada de $CO_2$, pero para un total de 100 estimaciones el intervalo de valores es amplio (-$3 a $95/t$CO_2$). Ello se debe en gran parte a los diferentes supuestos respecto de la sensibilidad climática, los retardos de respuesta, los análisis de riesgo y de equidad, los impactos económicos y no económicos, la inclusión de pérdidas potencialmente catastróficas, y los tipos de descuento. Las estimaciones del costo totalizado encubren importantes diferencias en los impactos según el sector, región o población, y *muy probablemente* subestiman el costo de los daños, ya que no pueden incluir un gran número de impactos no cuantificables. *{5.7}*

Un número limitado de resultados analíticos iniciales obtenidos de análisis integrados de los costos y beneficios de la mitigación indican que son aproximadamente equiparables en magnitud, aunque no permiten todavía determinar inequívocamente una trayectoria de emisiones o un nivel de estabilización en que los beneficios superen los costos. *{5.7}*

La sensibilidad climática es una incertidumbre clave en los escenarios de mitigación para determinados niveles de temperatura. *{5.4}*

La determinación de una u otra escala y cronología de mitigación respecto de los GEI conlleva a un análisis comparativo entre los costos económicos que entrañaría una reducción más rápida de las emisiones en la actualidad y los riesgos climáticos que a medio y largo plazo acarrearía el retardo. *{5.7}*

***Tabla RRP.7.*** *Costos macroeconómicos mundiales estimados en 2030 y en 2050. Valores basados en las trayectorias de más bajo costo seguidas para alcanzar diferentes niveles de estabilización a largo plazo. {Tabla 5.2}*

| Niveles de estabilización (ppm de $CO_2$-eq) | Mediana de reducción del PIB [a)] (%) | | Intervalo de valores de reducción del PIB [b)] (%) | | Reducción de las tasas de crecimiento promedias anuales del PIB (en puntos porcentuales) [c, e)] | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2030 | 2050 | 2030 | 2050 | 2030 | 2050 |
| 445 – 535 [d)] | No disponible | | < 3 | < 5,5 | < 0,12 | < 0,12 |
| 535 – 590 | 0,6 | 1,3 | entre 0,2 y 2,5 | entre ligeramente negativo y 4 | < 0,1 | < 0,1 |
| 590 – 710 | 0,2 | 0,5 | entre -0,6 y 1,2 | entre -1 y 2 | < 0,06 | < 0,05 |

Notas:
Los valores indicados en esta tabla corresponden al conjunto de publicaciones científicas respecto de todos los valores de referencia y escenarios de mitigación que arrojan valores numéricos del PIB.
a) PIB mundial basado en los tipos de cambio del mercado.
b) Se indican, cuando procede, los percentilos 10 y 90 de los datos analizados. Los valores negativos indican un aumento del PIB. En la primera hilera (445-535 ppm de $CO_2$-eq) se indica la estimación de la cota superior según los artículos publicados únicamente.
c) La reducción de la tasa de crecimiento anual se calcula en base al promedio de la reducción que, durante el período estudiado, daría lugar a la disminución del PIB señalada de aquí a 2030 y a 2050, respectivamente.
d) El número de estudios es relativamente pequeño y sus valores de referencia suelen ser bajos. Unos valores de referencia altos suelen entrañar un costo más elevado.
e) Estos valores corresponden a la estimación más alta de la reducción del PIB, columna 3.

[22] Véase la Nota de pie de página 17, que contiene más información sobre las estimaciones de costos y los supuestos subyacentes a los modelos.

[23] Costos económicos netos de los daños causados por el cambio climático, totalizados para el conjunto del planeta y ajustados respecto del año en cuestión.

# Informe de síntesis

## Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

*El presente informe de base, adoptado sección por sección en la 27ª Reunión Plenaria del IPCC (Valencia, España, 12 a 17 de noviembre de 2007), refleja las afirmaciones formalmente acordadas por el IPCC respecto de las conclusiones e incertidumbres clave contenidas en las contribuciones del Grupo de trabajo al Cuarto Informe de Evaluación.*

---

Basado en un borrador preparado por:

***Equipo de redacción principal***

Lenny Bernstein, Peter Bosch, Osvaldo Canziani, Zhenlin Chen, Renate Christ, Ogunlade Davidson, William Hare, Saleemul Huq, David Karoly, Vladimir Kattsov, Zbigniew Kundzewicz, Jian Liu, Ulrike Lohmann, Martin Manning, Taroh Matsuno, Bettina Menne, Bert Metz, Monirul Mirza, Neville Nicholls, Leonard Nurse, Rajendra Pachauri, Jean Palutikof, Martin Parry, Dahe Qin, Nijavalli Ravindranath, Andy Reisinger, Jiawen Ren, Keywan Riahi, Cynthia Rosenzweig, Matilde Rusticucci, Stephen Schneider, Youba Sokona, Susan Solomon, Peter Stott, Ronald Stouffer, Taishi Sugiyama, Rob Swart, Dennis Tirpak, Coleen Vogel, Gary Yohe

***Equipo de redacción ampliado***

Terry Barker

***Correctores de pruebas***

Abdelkader Allali, Roxana Bojariu, Sandra Diaz, Ismail Elgizooli, Dave Griggs, David Hawkins, Olav Hohmeyer, Bubu Pateh Jallow, Lučka Kajfež-Bogataj, Neil Leary, Hoesung Lee, David Wratt

# Introducción

## Introducción

El presente Informe de síntesis está basado en la evaluación realizada por los tres Grupos de trabajo (GT) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Ofrece una panorámica completa del cambio climático, y constituye la parte final del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC (CIE).

En el Tema 1 se resumen los cambios del clima observados y sus efectos sobre los sistemas naturales y humanos, con independencia de sus causas, mientras que en el Tema 2 se evalúan sus causas. En el Tema 3 se exponen diversas proyecciones sobre el cambio climático futuro y sus impactos, con arreglo a diferentes escenarios.

En el Tema 4 se abordan las opciones de adaptación y de mitigación ante los próximos decenios, así como sus interacciones con el desarrollo sostenible. En el Tema 5 se evalúa la relación entre la adaptación y la mitigación en términos más conceptuales, y desde una perspectiva de más largo plazo. El Tema 6 es un resumen de las conclusiones más sólidas y de las principales incertidumbres que aún subsisten en la presente evaluación.

En la Figura I.1 se representan esquemáticamente los originantes antropógenos y los impactos del cambio climático, así como las respuestas a ese cambio y sus vínculos. En 2001, cuando se preparó el Tercer Informe de Evaluación (TIE), la información entonces disponible permitía describir los vínculos en el sentido del reloj; es decir, inferir los cambios climáticos y sus impactos a partir de la información socioeconómica y de las emisiones. Ahora que se conocen más detalladamente, es posible evaluar esos vínculos también en sentido inverso, es decir, aventurar qué tipos de vías de desarrollo y de limitaciones de las emisiones mundiales permitirían reducir en un futuro el riesgo de impactos posiblemente indeseables para la sociedad.

**Marco esquemático de los originantes e impactos antropógenos del cambio climático y de las respuestas a ese cambio**

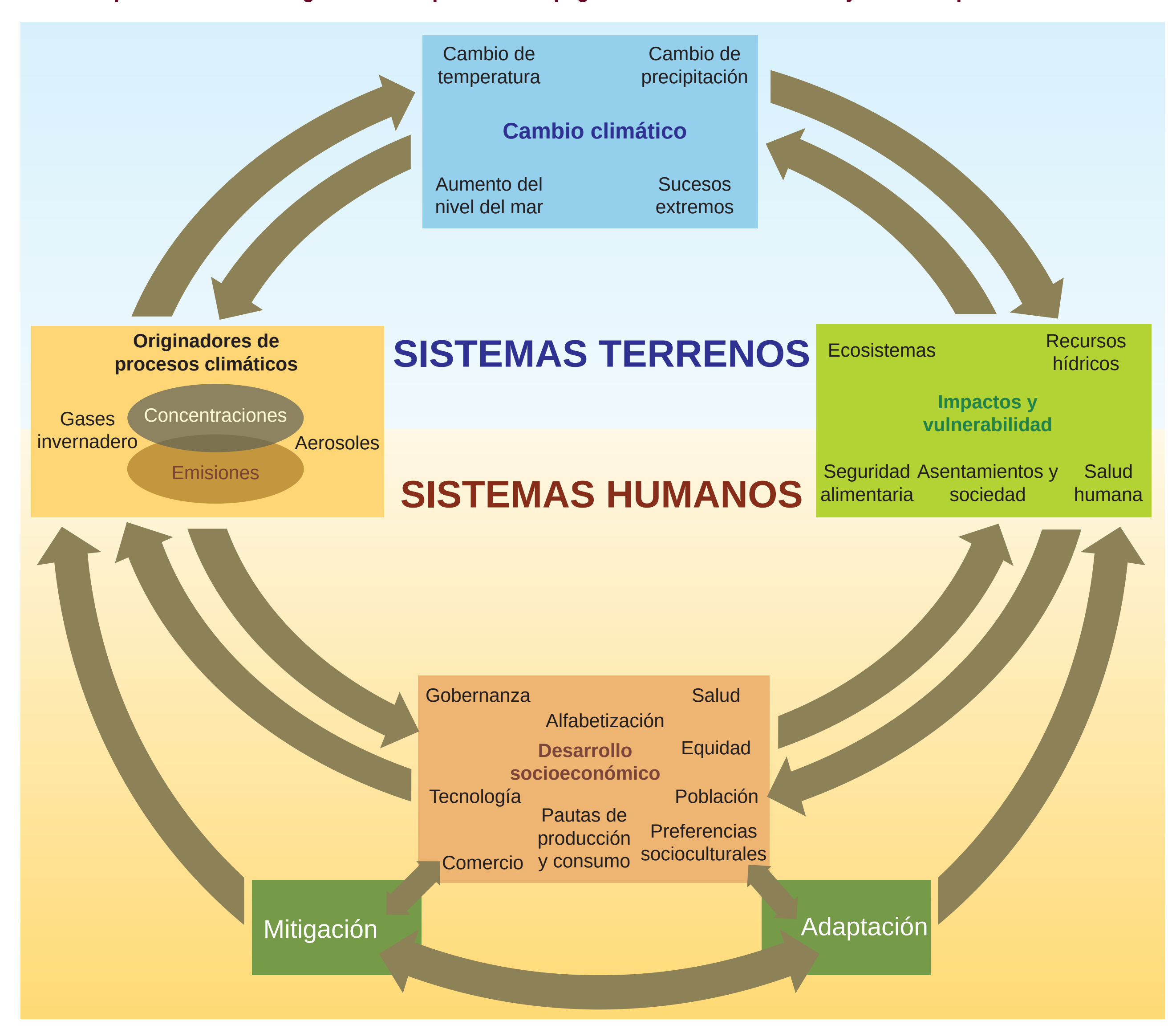



*__Figura I.1.__ Marco esquemático representativo de los originantes e impactos antropógenos del cambio climático y de las respuestas a él, así como de sus vínculos.*

## Tratamiento de la incertidumbre

En la nota orientativa del IPCC sobre los márgenes de incertidumbre[1] se define un marco para el tratamiento de las incertidumbres en los distintos GT y en el presente Informe de síntesis. Se trata de un marco general, ya que los GT evalúan material de disciplinas diferentes y aplican a las incertidumbres metodologías distintas, obtenidas de diversas publicaciones. Los datos, indicadores y análisis utilizados en las ciencias naturales suelen ser de naturaleza diferente a los utilizados para evaluar el desarrollo tecnológico o las ciencias sociales. El GT I adopta la primera de esas perspectivas, mientras que el GT III adopta la segunda y el GT II abarca aspectos de ambas.

Tres son las metodologías utilizadas para describir las incertidumbres, cada una de ellas con una terminología diferente. La metodología o los aspectos metodológicos escogidos dependerán tanto de la naturaleza de la información disponible como del criterio experto de los autores acerca de la validez y completitud de los conocimientos científicos actuales.

Cuando se evalúa en términos cualitativos, la incertidumbre permite hacerse una idea relativa del volumen y calidad de la evidencia (es decir, de la información obtenida de teorías, observaciones o modelos con respecto al carácter verdadero o válido de una convicción o de una proposición) y del nivel de concordancia (es decir, del grado de coincidencia de las publicaciones científicas acerca de una conclusión determinada). Este es el planteamiento utilizado por el GT III, basado en una serie de términos descriptivos: *nivel de coincidencia alto, evidencia abundante; nivel de coincidencia alto, nivel de evidencia medio; nivel de coincidencia medio, nivel de evidencia medio*; etc.

Cuando la incertidumbre se evalúa en términos más cuantitativos, en base a un criterio experto sobre el grado de validez de los datos, modelos o análisis de los que se ha partido, se utiliza la escala de niveles de confianza siguiente para expresar hasta qué punto se considera que una conclusión es correcta: *grado de confianza muy alto* (como mínimo 9 sobre 10); *grado de confianza alto* (en torno a 8 sobre 10); *grado de confianza medio* (en torno a 5 sobre 10); *grado de confianza bajo* (en torno a 2 sobre 10); *y grado de confianza muy bajo* (menos de 1 sobre 10).

Cuando la incertidumbre de determinado desenlace se evalúa mediante el criterio de expertos y mediante un análisis estadístico de una serie de evidencias (por ejemplo, observaciones o resultados de modelos), se utilizan los tramos de probabilidad siguientes para expresar la verosimilitud conjeturada de un suceso: *virtualmente cierto* (>99%); *extremadamente probable* (>95%); *muy probable* (>90%); *probable* (>66%); *más probable que improbable* (>50%); *aproximadamente tan probable como improbable* (33% a 66%); *improbable* (<33%); *muy improbable* (<10%); *extremadamente improbable* (<5%); *excepcionalmente improbable* (<1%).

El GT II ha efectuado evaluaciones mixtas de confianza y de probabilidad, mientras que el GT I ha realizado principalmente evaluaciones de probabilidad.

El presente Informe de síntesis es coherente con las evaluaciones de incertidumbre de los GT en cuyo trabajo está basado. Cuando sus conclusiones se apoyan en información obtenida de más de un GT, su descripción de las incertidumbres es coherente con las de sus distintos componentes, basados en los respectivos informes de los GT.

A menos que se indique lo contrario, los intervalos de valores indicados entre corchetes denotan en el presente informe intervalos de incertidumbre del 90% (es decir, hay una probabilidad estimada del 5% de que el valor sea superior al intervalo entre corchetes, y una probabilidad del 5% de que sea inferior). Los intervalos de incertidumbre no son necesariamente simétricos en torno a la estimación óptima.

[1] Véase http://www.ipcc.ch/meetings/ar4-workshops-express-meetings/uncertainty-guidance-note.pdf.

# 1

## Cambios observados en el clima y sus efectos

## 1.1 Observaciones del cambio climático

Desde el TIE, nuestro conocimiento de los cambios espaciales y temporales del clima ha aumentado gracias a la mejora y ampliación de numerosos conjuntos de datos y de sus métodos de análisis, a una mayor cobertura geográfica, a un conocimiento más detallado de las incertidumbres y a una mayor diversidad de las mediciones. *{GTI RRP}*

### Definiciones de cambio climático

Para el IPCC, el término "cambio climático" denota un cambio en el estado del clima identificable (por ejemplo, mediante análisis estadísticos) a raíz de un cambio en el valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, y que persiste durante un período prolongado, generalmente cifrado en decenios o en períodos más largos. Denota todo cambio del clima a lo largo del tiempo, tanto si es debido a la variabilidad natural como si es consecuencia de la actividad humana. Este significado difiere del utilizado en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), que describe el cambio climático como un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que viene a sumarse a la variabilidad climática natural observada en períodos de tiempo comparables.

**El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como se desprende ya del aumento observado del promedio mundial de temperatura del aire y del océano, de la fusión generalizada de nieves y hielos, y del aumento del promedio mundial del nivel del mar (Figura 1.1).** ***{GTI 3.2, 4.8, 5.2, 5.5, RRP}***

*De los doce últimos años (1995-2006)*, once figuran entre los doce años más cálidos de los registros instrumentales de la temperatura mundial en superficie (desde 1850). La tendencia lineal a cien años (1906-2005), que es de 0,74 [entre 0,56 y 0,92]°C, es más acentuada que la indicada en el TIE, que era de 0,6 [entre 0,4 y 0,8]°C (1901-2000) (Figura 1.1). Entre 1956 y 2005, el calentamiento lineal (0,13 [entre 0,10 y 0,16]°C por decenio) ha sido casi el doble del experimentado en los cien años transcurridos desde 1906 hasta 2005. *{GTI 3.2, RRP}*

Este aumento de temperatura está distribuido por todo el planeta, y es mayor en latitudes septentrionales altas (Figura 1.2). En la región ártica, el promedio de las temperaturas ha aumentado a un ritmo que duplica casi el promedio mundial de los últimos cien años. Las regiones terrestres se han calentado más aprisa que los océanos (Figuras 1.2 y 2.5). Las observaciones efectuadas desde 1961 indican que, en promedio, la temperatura del océano mundial ha aumentado hasta en profundidades de 3000 m como mínimo, habiendo absorbido los océanos más del 80% del calor incorporado al sistema climático. Nuevos análisis de las temperaturas observadas desde globos y satélites en la troposfera inferior y media arrojan unas tasas de calentamiento similares a las observadas en la temperatura superficial. *{GTI 3.2, 3.4, 5.2, RRP}*

Los aumentos del nivel del mar concuerdan con el calentamiento (Figura 1.1). El promedio mundial del nivel del mar aumentó, en promedio, a una tasa de 1,8 [entre 1,3 y 2,3] mm anuales entre 1961 y 2003, y de 3,1 [entre 2,4 y 3,8] mm anuales entre 1993 y 2003. No se sabe con certeza si la mayor rapidez de este último tramo refleja una variación decenal o un aumento de la tendencia a más largo plazo. Desde 1993, la dilatación térmica de los océanos ha representado aproximadamente un 57% de la suma de las aportaciones estimadas al aumento de nivel del mar, mientras que la disminución de los glaciares y de los casquetes de hielo contribuyó en aproximadamente un 28%, y las pérdidas de los mantos de hielo polares aportaron el resto. Entre 1993 y 2003 la suma de estas contribuciones ha sido, dentro del margen de incertidumbre, coherente con el aumento total del nivel del mar observado directamente. *{GTI 4.6, 4.8, 5.5, RRP, Tabla RRP.1}*

La disminución observada de la extensión de nieves y hielos concuerda también con el calentamiento (Figura 1.1). Los datos satelitales obtenidos desde 1978 indican que, en promedio anual, la extensión de los hielos marinos árticos ha disminuido en 2,7 [entre 2,1 y 3,3]% por decenio, y en mayor medida en los veranos, en que ascendió a 7,4 [entre 5,0 y 9,8]% por decenio. En promedio, los glaciares de montaña y la cubierta de nieve han disminuido en ambos hemisferios. Desde 1900, la extensión máxima de suelo estacionalmente congelado se ha reducido en torno a un 7% en el Hemisferio Norte, con disminuciones de hasta un 15% durante la primavera. En términos generales, las temperaturas de la capa superior de permafrost han aumentado en la región ártica, desde los años ochenta, en hasta 3°C. *{GTI 3.2, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 5.5, RRP}*

A escala continental, regional y de cuenca oceánica, se han observado también numerosos cambios de largo plazo en otros aspectos del clima. Se han observado las tendencias de la precipitación entre 1900 y 2005 en gran número de extensas regiones. En ese período, la precipitación aumentó considerablemente en algunas partes orientales de América del Norte y del Sur, en el norte de Europa y en el Asia septentrional y central, mientras que disminuyó en el Sahel, en el Mediterráneo, en el sur de África y en partes del sur del Asia. En términos mundiales, la superficie afectada por las sequías *probablemente* ha aumentado[2] desde los años 70. *{GTI 3.3, 3.9, RRP}*

Algunos fenómenos meteorológicos extremos han cambiado de frecuencia y/o intensidad en los últimos cincuenta años:

- Es *muy probable* que los días fríos, las noches frías y las escarchas sean ahora menos frecuentes en la mayoría de las áreas terrestres, mientras que los días y noches cálidos serían ahora más frecuentes. *{GTI 3.8, RRP}*
- Es *probable* que las olas de calor sean ahora más frecuentes en la mayoría de las áreas terrestres. *{GTI 3.8, RRP}*
- Es *probable* que la frecuencia de las precipitaciones intensas (o la proporción de precipitaciones intensas respecto de la precipitación total) haya aumentado en la mayoría de las áreas. *{GTI 3.8, 3.9, RRP}*
- Es *probable* que la incidencia de elevaciones extremas del nivel del mar[3] haya aumentado en numerosos lugares del mundo desde 1975. *{GTI 5.5, RRP}*

Las observaciones evidencian un aumento de la actividad ciclónica tropical intensa en el Atlántico Norte desde aproximadamente 1970, y parecen indicar un aumento de esa actividad en algunas otras regiones en que la calidad de los datos es más dudosa. La variabilidad multidecenal y la calidad de los registros de ciclones tropicales obtenidos antes de que se efectuaran asiduamente observaciones satelitales (es decir, hasta 1970 aproximadamente) complican la detección de las tendencias de la actividad ciclónica tropical a largo plazo. *{GTI 3.8, RRP}*

---

[2] Los grados de verosimilitud y de confianza indicados en cursiva representan expresiones calibradas de incertidumbre y de confianza. Estos términos están explicados en la Introducción, en el recuadro titulado "Tratamiento de la incertidumbre".

[3] A excepción de los tsunamis, que no son consecuencia del cambio climático. Los aumentos extremos del nivel del mar dependen del nivel promedio y de los sistemas atmosféricos regionales. En el presente trabajo, se define como el 1% más alto de los valores horarios del nivel del mar observados en una estación para un período de referencia dado.

**Cambios de la temperatura, del nivel del mar y de la cubierta de nieve en el Hemisferio Norte**

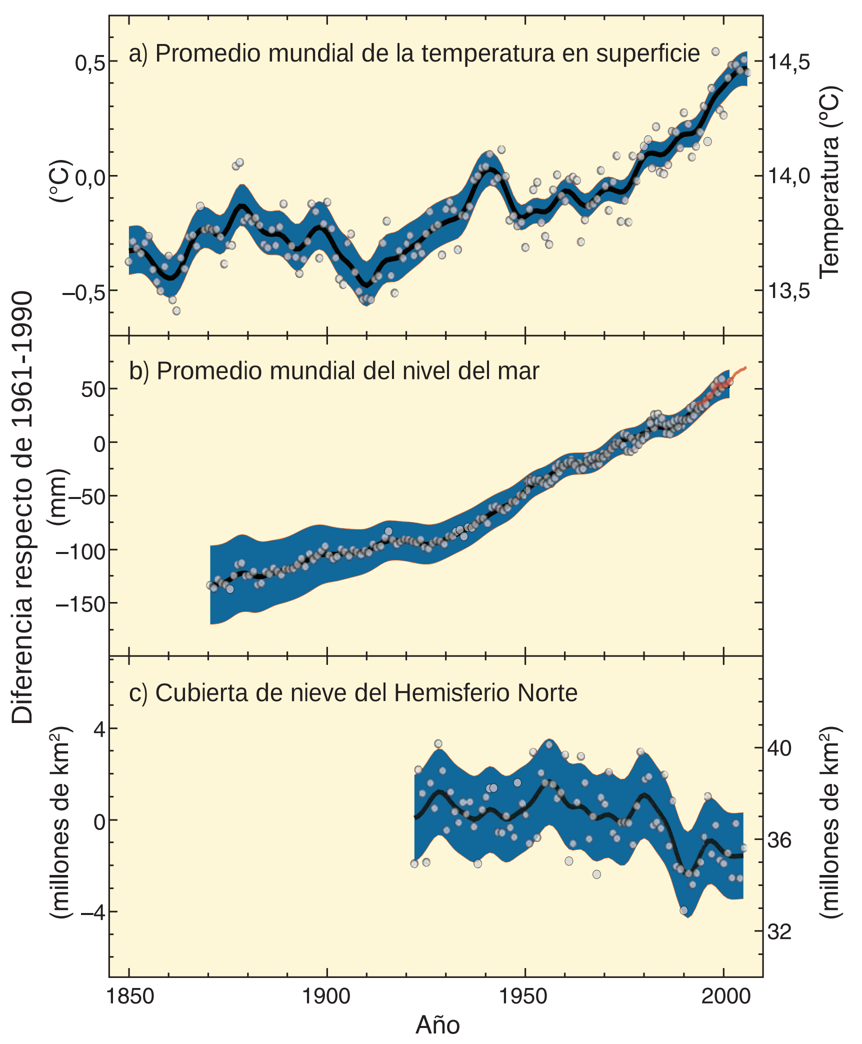



***Figura 1.1.*** *Cambios observados en: a) el promedio mundial de la temperatura en superficie; b) el promedio mundial del nivel del mar según datos mareográficos (azul) y satelitales (rojo); y c) la cubierta de nieve del Hemisferio Norte en el período marzo-abril. Todas las diferencias han sido obtenidas respecto de los promedios correspondientes al período 1961-1990. Las curvas alisadas representan promedios decenales, mientras que los círculos denotan valores anuales. Las áreas sombreadas representan los intervalos de incertidumbre estimados en base a un análisis completo de las incertidumbres conocidas (a y b) y de las series temporales c). {GTI PF 3.1, Figura 1, Figura 4.2, Figura 5.13, Figura RRP.3}*

En promedio, las temperaturas del Hemisferio Norte durante la segunda mitad del siglo XX fueron *muy probablemente* superiores a las de cualquier otro período de cincuenta años de los últimos 500 años, y *probablemente* las más altas de los últimos 1.300 años, como mínimo. *{GTI 6.6, RRP}*

## 1.2 Efectos observados de los cambios climáticos

Las afirmaciones expuestas en el presente texto están basadas, en gran medida, en conjuntos de datos que abarcan el período comprendido desde 1970. El número de estudios sobre las tendencias observadas en el entorno físico y biológico y sobre sus relaciones con los cambios climáticos regionales ha aumentado considerablemente desde el TIE. Ha mejorado, asimismo, la calidad de los conjuntos de datos. En términos geográficos, tanto los datos como los trabajos científicos sobre los cambios observados presentan una distribución bastante desigual, siendo más escasos en los países en desarrollo. *{GTII RRP}*

Tales estudios han permitido evaluar con mayor amplitud y con un grado de confianza mayor que en el TIE la relación entre el calentamiento observado y sus impactos. En aquel informe se llegaba a la conclusión de que, con un "*grado de confianza alto*", los recientes cambios regionales de la temperatura han producido efectos discernibles en los sistemas físicos y biológicos. *{GTII RRP}*

**Las observaciones obtenidas en todos los continentes y en la mayoría de los océanos evidencian que muchos sistemas naturales están siendo afectados por los cambios climáticos regionales y, particularmente, por el aumento de la temperatura.** ***{GTII RRP}***

Puede afirmarse con un *grado de confianza alto* que los sistemas naturales vinculados a la nieve, el hielo y el terreno congelado (incluido el permafrost) han resultado afectados. Algunos ejemplos:

- ha aumentado el número y extensión de los lagos glaciales *{GTII 1.3, RRP};*
- ha aumentado la inestabilidad del terreno en las regiones de permafrost y las avalanchas de rocas en regiones montañosas *{GTII 1.3, RRP};*

**Cambios en los sistemas físicos y biológicos y en la temperatura de superficie, 1970-2004**

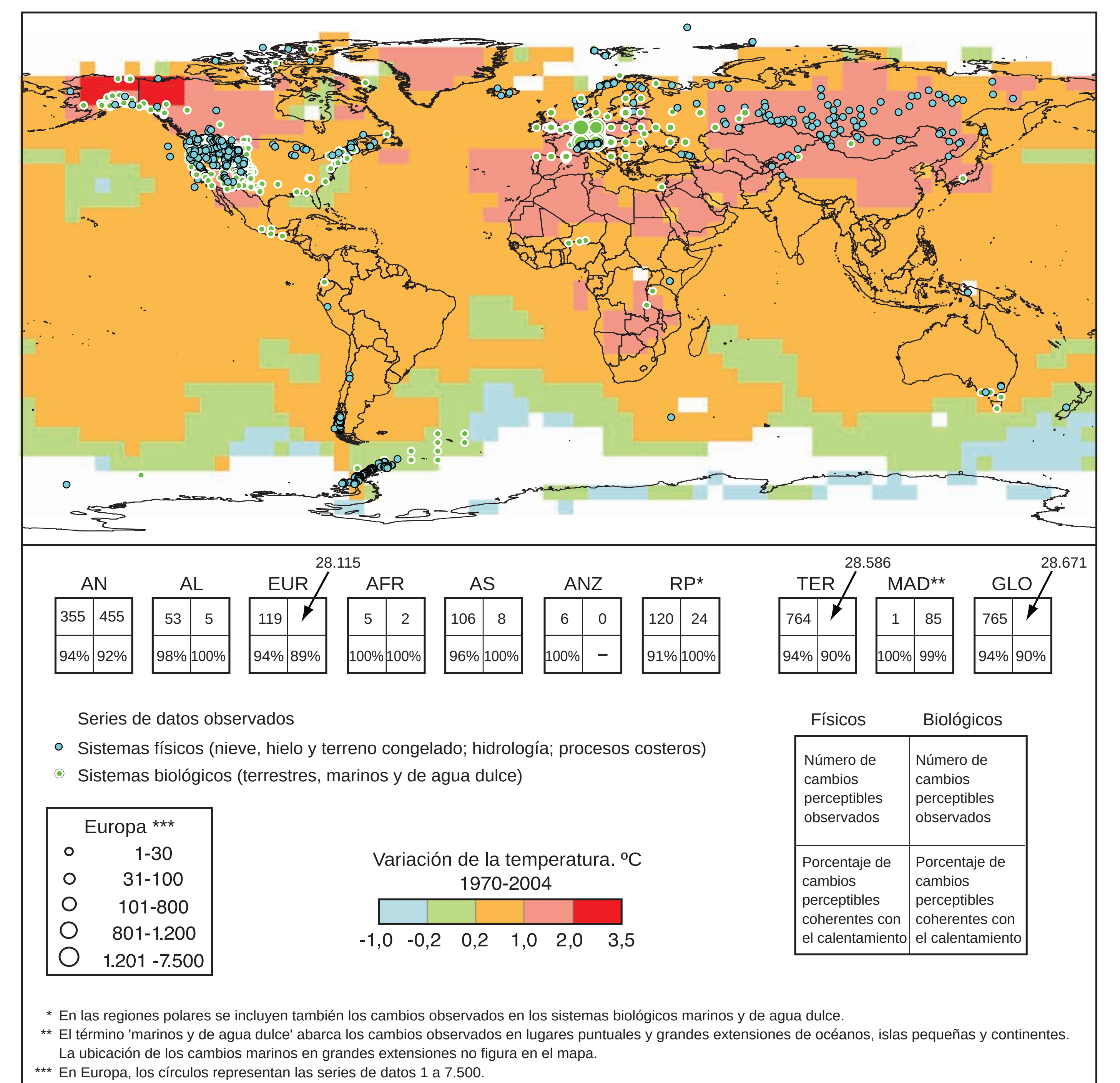



***Figura 1.2.*** *Ubicación de los cambios perceptibles en las series de datos sobre los sistemas físicos (nieve, hielo y terreno congelado; hidrología; y procesos costeros) y biológicos (terrestres, marinos y de agua dulce), así como los cambios de temperatura del aire en superficie durante el período 1970-2004. Se ha seleccionado un subconjunto de 29.000 series de datos de un total de 80.000, aproximadamente, obtenidas de 577 estudios. Se han aplicado los criterios siguientes: 1) han de abarcar hasta 1990 u otra fecha posterior; 2) han de abarcar un período de 20 años como mínimo; y 3) han de exhibir un cambio perceptible en alguna dirección, según evaluaciones obtenidas de diversos estudios. Estas series de datos provienen de 75 estudios (de los cuales aproximadamente 70 son nuevos desde el TIE), y contienen en torno a 29.000 series de datos, de las que aproximadamente 28.000 proceden de estudios europeos. Las áreas en blanco no contienen suficientes datos observacionales sobre el clima para estimar una tendencia de temperatura. Los cuadros de cuatro casillas indican el número total de series de datos que exhiben cambios apreciables (hilera superior) y el porcentaje de las que son coherentes con el calentamiento (hilera inferior) respecto de: i) regiones continentales: América del Norte (AN), América Latina (AL), Europa (EUR), África (AFR), Asia (AS), Australia y Nueva Zelandia (ANZ), y regiones polares (RP), y ii) a escala mundial: terrestres (TER), marinos y de agua dulce (MAD), y globales (GLO). El número de estudios correspondiente a los siete recuadros regionales (AN, ... , RP) no coincide con los totales globales (GLO), ya que en las regiones, excepto las polares, no se han incluido los sistemas marinos y de agua dulce (MAD). En el mapa no se indica la ubicación de los cambios marinos experimentados en grandes superficies. {GTII, Figura RRP.1; Figura 1.8, Figura 1.9; GTI, Figura 3.9b}*

- ha habido cambios en algunos ecosistemas árticos y antárticos, particularmente en los biomas de hielo marino, y un ascenso de los predadores en la trama alimentaria. *{GTII 1.3, 4.4, 15.4, RRP}*

Sobre la base de un número de evidencias creciente, hay un *grado de confianza alto* en que los sistemas hidrológicos están experimentando los efectos siguientes: aumento de la escorrentía y adelanto de las fechas de caudal máximo primaveral en numerosos ríos alimentados por glaciares y por nieve, y calentamiento de lagos y ríos en numerosas regiones, con efectos sobre la estructura térmica y sobre la calidad del agua. *{GTII 1.3, 15.2, RRP}*

Hay un *grado de confianza muy alto*, basado en un mayor número de evidencias observadas en un mayor número de especies, en que el reciente calentamiento está afectando notablemente a los sistemas biológicos terrenos, por ejemplo en el adelanto de los procesos primaverales, como el retoñar de las hojas, la migración de las aves o la puesta de huevos; o en el desplazamiento hacia los polos y hacia niveles altos del ámbito geográfico de las especies vegetales y animales. Sobre la base de observaciones satelitales obtenidas desde comienzos de los años 80, hay un *grado de confianza alto* en que, en numerosas regiones, los brotes vegetales tienden a aparecer más temprano en primavera, debido a una prolongación de los períodos térmicos de crecimiento, por efecto del reciente calentamiento. *{GTII 1.3, 8.2, 14.2, RRP}*

Sobre la base de nuevas e importantes evidencias, hay un grado de confianza alto en que los cambios observados en los sistemas biológicos marinos y de agua dulce están asociados a los aumentos de temperatura del agua, así como a los cambios concomitantes de la cubierta de hielo, de la salinidad, de los niveles de oxígeno y de la circulación. Ejemplos: desplazamiento del ámbito geográfico y variación de la abundancia de algas, plancton y peces en latitudes altas del océano; mayor abundancia de algas y de zooplancton en lagos de latitudes y altitudes altas; y, en los ríos, alteraciones del ámbito geográfico y adelantamiento de las migraciones de peces. Aunque aumenta la evidencia de que el cambio climático ha afectado los arrecifes de coral, es difícil deslindar las causas climáticas de otros tipos de causas (por ejemplo, la sobreexplotación pesquera o la polución). *{GTII 1.3, RRP}*

**Están advirtiéndose también otros efectos de los cambios climáticos regionales sobre el entorno natural y humano, aunque muchos de ellos son difíciles de discernir debido a la adaptación y a los originantes no climáticos.** ***{GTII RRP}***

Se han documentado, con un *grado de confianza medio*, los efectos del aumento de temperatura sobre diversos sistemas humanos gestionados:

- en los sistemas de gestión agrícola y forestal de latitudes superiores del Hemisferio Norte; por ejemplo, plantación más temprana de cultivos en primavera, o alteraciones de los daños causados a los bosques por incendios y plagas; *{GTII 1.3, RRP}*
- en ciertos aspectos de la salud humana: exceso de mortalidad causada por el calor en Europa, cambios en los vectores de enfermedades infecciosas en ciertas partes de Europa, y adelantos y aumentos de la producción de pólenes alergénicos en el Hemisferio Norte, en latitudes altas y medias; *{GTII 1.3, 8.2, 8.RE, RRP}*
- en ciertas actividades humanas de la región ártica (por ejemplo, la caza, o el acortamiento de las estaciones de viaje sobre nieve o hielo), y en áreas alpinas de elevación menor (por ejemplo, limitaciones a los deportes de montaña). *{GTII 1.3, RRP}*

Conjuntamente, el aumento de nivel del mar y el desarrollo humano están contribuyendo a la pérdida de humedales costeros y de manglares y a un creciente deterioro por inundaciones costeras en numerosas áreas. Sin embargo, según las publicaciones científicas, estos impactos no exhiben todavía una tendencia consolidada. *{GTII 1.3, 1.RE, RRP}*

## 1.3 Coherencia entre los cambios experimentados por los sistemas físicos y biológicos y el calentamiento

Los cambios experimentados en el océano y en tierra firme, y en particular el descenso observado de la cubierta de nieve y la menor extensión de los hielos marinos en el Hemisferio Norte, el menor espesor de los hielos marinos, el acortamiento de las estaciones gélidas en lagos y ríos, el deshielo de glaciares, la menor extensión del permafrost, el aumento de las temperaturas del suelo y de los perfiles de temperatura obtenidos de perforaciones, así como el aumento de nivel del mar, aportan indicaciones adicionales de que el planeta se está calentando. *{GTI 3.9}*

De las más de 29.000 series de datos observacionales, obtenidas de 75 estudios, que indican cambios apreciables en numerosos sistemas físicos y biológicos, más de un 89% son coherentes con la dirección del cambio esperado por efecto del calentamiento (Figura 1.2). *{GTII 1.4, RRP}*

## 1.4 En determinados aspectos del clima no se han observado variaciones

Ciertos aspectos del clima no parecen haber cambiado y, para algunos autores, la insuficiencia de datos adecuados implica que no es posible determinar si efectivamente han cambiado. La extensión de los hielos marinos antárticos evidencia una variabilidad interanual y ciertos cambios localizados pero, en promedio, la tendencia multidecenal no es estadísticamente significante, en concordancia con el nulo aumento de las temperaturas atmosféricas cercanas a la superficie, promediadas en el conjunto del continente. No se dispone de evidencia suficiente para determinar si hay tendencias respecto de otras variables, por ejemplo, en la circulación de renuevo meridional (CRM) de los océanos mundiales, o en fenómenos de pequeña escala, como tornados, granizo, rayos o tempestades de polvo. No se aprecia una tendencia clara en el número anual de ciclones tropicales. *{GTI 3.2, 3.8, 4.4, 5.3, RRP}*

# 2

# Causas del cambio

# Causas del cambio

En el presente Tema se examinan los originantes naturales y antropógenos del cambio climático y, en particular, la cadena que abarca las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), las concentraciones atmosféricas, el forzamiento radiativo[4], las respuestas climáticas y los efectos del clima.

## 2.1 Emisiones de GEI de larga permanencia

En el forzamiento radiativo del sistema climático predominan los GEI de larga permanencia; en esta sección se examinarán los forzamientos radiativos cuyas emisiones están contempladas en la CMCC.

**Las emisiones mundiales de GEI causadas por actividades humanas han aumentado, desde la era preindustrial, en un 70% entre 1970 y 2004 (Figura 2.1).[5]** ***{GTIII 1.3, RRP}***

El dióxido de carbono ($CO_2$) es el GEI antropógeno más importante. Entre 1970 y 2004, sus emisiones anuales han aumentado en aproximadamente un 80%, pasando de 21 a 38 gigatoneladas (Gt), y en 2004 representaban un 77% de las emisiones totales de GEI antropógenos (Figura 2.1). Durante el reciente decenio 1995-2004, la tasa de crecimiento de las emisiones de $CO_2$-eq fue mucho mayor (0,92 Gt$CO_2$-eq anuales) que durante el período anterior de 1970-1994 (0,43 Gt$CO_2$-eq anuales). *{GTIII 1.3, RT.1, RRP}*

### Emisiones y concentraciones de dióxido de carbono-equivalente ($CO_2$-eq)

Los GEI difieren en la influencia térmica positiva (forzamiento radiativo) que ejercen sobre el sistema climático mundial, debido a sus diferentes propiedades radiativas y períodos de permanencia en la atmósfera. Tales influencias pueden expresarse mediante una métrica común basada en el forzamiento radiativo por $CO_2$.

- ***Una emisión de $CO_2$-equivalente*** es la cantidad de emisión de $CO_2$ que ocasionaría, durante un horizonte temporal dado, el mismo forzamiento radiativo integrado a lo largo del tiempo que una cantidad emitida de un GEI de larga permanencia o de una mezcla de GEI. Para un GEI, las emisiones de $CO_2$-equivalente se obtienen multiplicando la cantidad de GEI emitida por su potencial de calentamiento mundial (PCM) para un horizonte temporal dado.[6] Para una mezcla de GEI, se obtienen sumando las emisiones de $CO_2$-equivalente de cada uno de los gases. Las emisiones de $CO_2$-equivalente constituyen un valor de referencia y una métrica útil para comparar emisiones de GEI diferentes, pero no implican respuestas idénticas al cambio climático (véase GTI 2.10).
- ***La concentración de $CO_2$-equivalente*** es la concentración de $CO_2$ que generaría el mismo forzamiento radiativo que una mezcla dada de $CO_2$ y de otros componentes de forzamiento.[7]

Entre 1970 y 2004, el aumento más importante de las emisiones de GEI proviene de los sectores de suministro de energía, transporte e industria, mientras que la vivienda y el comercio, la silvicultura (incluida la deforestación) y la agricultura han crecido más

**Emisiones mundiales de GEI antropógenos**

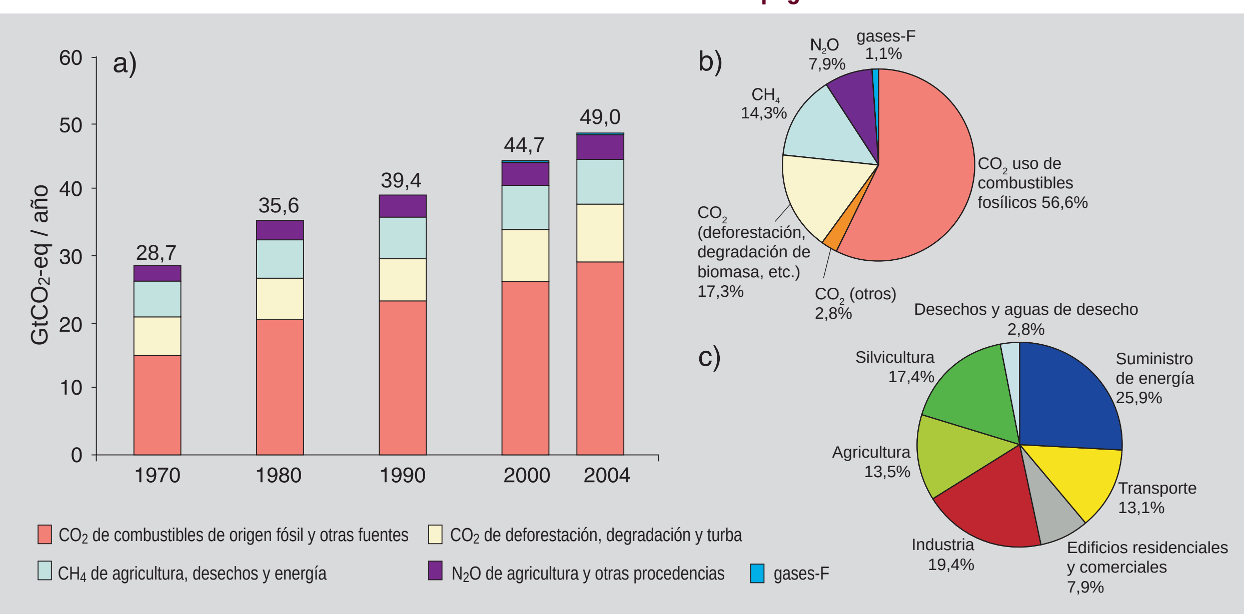



***Figura 2.1.*** *a) Emisiones mundiales anuales de GEI antropógenos entre 1970 y 2004.[5] b) Parte proporcional de diferentes GEI antropógenos en las emisiones totales en el año 2004, en términos de $CO_2$-eq. c) Parte proporcional de diversos sectores en las emisiones totales de GEI antropógenos en 2004, en términos de $CO_2$-eq. (En silvicultura se incluye la deforestación.) {GTIII Figuras RT.1a, RT.1b, RT.2b}*

[4] El *forzamiento radiativo* es un indicador de la influencia que determinado factor ejerce sobre el balance de energía entrante y saliente del sistema Tierra-atmósfera, y constituye un índice de la importancia de ese factor como posible mecanismo de cambio climático. En el presente informe, los valores del forzamiento radiativo corresponden a cambios referidos a las condiciones de la era preindustrial, definidos en 1750, y están expresados en watios por metro cuadrado (W/m$^2$).

[5] Abarca únicamente el dióxido de carbono ($CO_2$), el metano ($CH_4$), el óxido nitroso ($N_2O$), los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre ($SF_6$), cuyas emisiones están contempladas en la CMCC. Estos GEI han sido ponderados aplicando sus potenciales de calentamiento mundial (PCM) a cien años, y utilizando valores coherentes con los notificados en el marco de la CMCC.

[6] En el presente informe se utilizan PCM a cien años y valores numéricos coherentes con los notificados en el marco de la CMCC.

[7] Esos valores pueden reflejar solo GEI, o una combinación de GEI y aerosoles.

lentamente. Las fuentes de GEI en 2004 aparecen indicadas en la Figura 2.1c, clasificadas por sectores. *{GTIII 1.3, RRP}*

Entre 1970 y 2004, la disminución de la intensidad energética mundial (-33%) ha afectado a las emisiones mundiales en menor medida que el crecimiento mundial de los ingresos (77%) juntamente con el crecimiento mundial de la población (69%); ambos son originantes del aumento de las emisiones de $CO_2$ en el sector de la energía. A largo plazo, la disminución de las emisiones de $CO_2$ por unidad de energía suministrada se invirtió a partir de 2000. *{GTIII, 1.3, Figura RRP.2, RRP}*

Las diferencias entre los países en términos de ingresos por habitante, de emisiones por habitante y de intensidad energética siguen siendo considerables. En 2004, los países del Anexo I de la CMCC representaban un 20% de la población mundial, producían un 57% del producto interno bruto mundial en términos de paridad de poder adquisitivo ($PIB_{PPA}$), y aportaban un 46% de las emisiones mundiales de GEI (Figura 2.2). *{GTIII 1.3, RRP}*

## 2.2 Originantes del cambio climático

Los cambios experimentados por las concentraciones de los GEI y aerosoles en la atmósfera, por la cubierta terrestre y por la radiación solar alteran el balance de energía del sistema climático y son factores originantes del cambio climático. Afectan la absorción, la dispersión y la emisión de radiación en la atmósfera y en la superficie de la Tierra. Los cambios positivos o negativos del balance de energía por efecto de esos factores se expresan en términos de forzamiento radiativo[4], que es la magnitud utilizada para comparar las influencias de naturaleza térmica sobre el clima mundial. *{GTI RT.2}*

Las actividades humanas generan emisiones de cuatro GEI de larga permanencia: $CO_2$, metano ($CH_4$), óxido nitroso ($N_2O$) y halocarbonos (grupo de gases que contienen flúor, cloro o bromo). Las concentraciones de GEI en la atmósfera aumentan cuando las emisiones son superiores en magnitud a los procesos de detracción.

**Las concentraciones de $CO_2$, $CH_4$ y $N_2O$ en la atmósfera mundial han aumentado considerablemente por efecto de las actividades humanas desde 1750, y en la actualidad exceden con mucho de los valores preindustriales determinados mediante el análisis de núcleos de hielo acumulados durante miles de años (Figura 2.3). En 2005, las concentraciones de $CO_2$ y $CH_4$ en la atmósfera excedieron considerablemente del intervalo de valores naturales de los últimos 650.000 años. El aumento mundial de las concentraciones de $CO_2$ se debe principalmente al uso de combustibles de origen fósil, con una aportación menor, aunque perceptible, de los cambios de uso de la tierra. *Es muy probable* que el aumento observado de la concentración de $CH_4$ se deba predominantemente a la agricultura y al uso de combustibles fosílicos. El aumento de la concentración de $N_2O$ se debe principalmente a las actividades agrícolas.** ***{GTI 2.3, 7.3, RRP}***

La concentración de $CO_2$ en la atmósfera mundial aumentó, pasando de un valor preindustrial de aproximadamente 280 ppm a 379 ppm en 2005. En los diez últimos años, la tasa de crecimiento anual de las concentraciones de $CO_2$ (promedio del período 1995-2005: 1,9 ppm anuales) ha sido mayor que desde el comienzo de las mediciones directas continuas de la atmósfera (promedio de 1960-2005: 1,4 ppm anuales), aunque sujeta a variabilidad interanual. *{GTI 2.3, 7.3, RRP; GTIII 1.3}*

La concentración de $CH_4$ en la atmósfera mundial ha aumentado, respecto de un valor preindustrial de aproximadamente 715 ppmm, hasta 1732 ppmm a comienzos de los años 90, alcanzando en 2005 las 1774 ppmm. Las tasas de crecimiento han disminuido desde el comienzo de los años 90, en concordancia con las emisiones totales (suma de fuentes antropógenas y naturales), que fueron casi constantes durante ese período. *{GTI 2.3, 7.4, RRP}*

La concentración mundial de $N_2O$ en la atmósfera aumentó respecto de los valores preindustriales, pasando de aproximadamente 270 ppmm a 319 ppmm en 2005. *{GTI 2.3, 7.4, RRP}*

La concentración de numerosos halocarbonos (incluidos los hidrofluorocarbonos) ha aumentado respecto de unos niveles casi nulos en la era preindustrial, debido principalmente a la actividad humana. *{GTI 2.3, RRP; IEOC RRP}*

**Con un *nivel de confianza muy alto*, el efecto neto de las actividades humanas desde 1750 ha sido, en promedio, un**

**Distribución regional de las emisiones de GEI, en función de la población y del $PIB_{PPA}$**

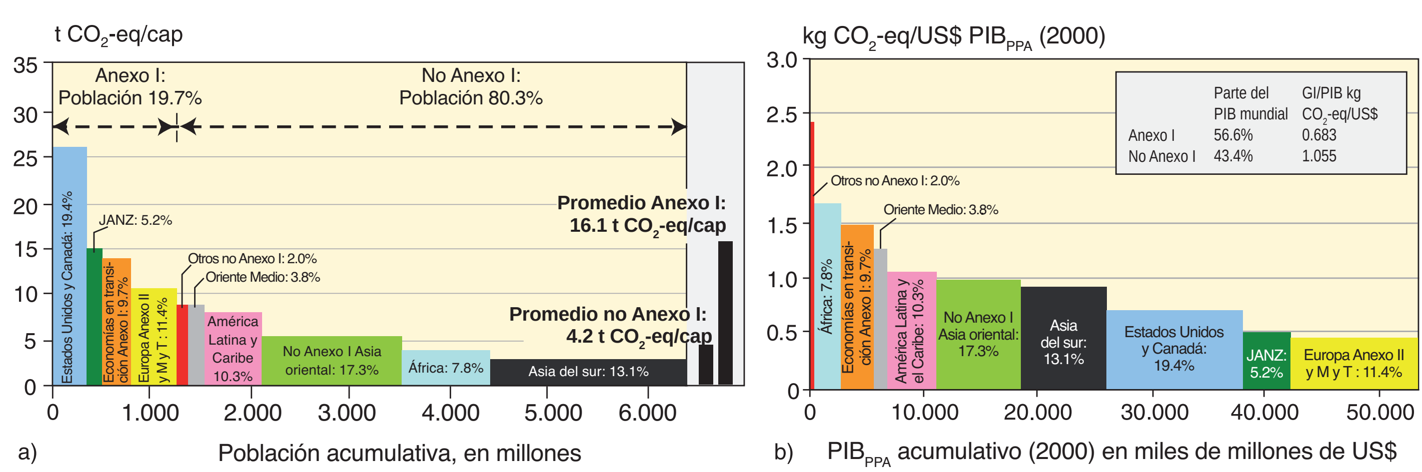



***Figura 2.2.*** *a) Distribución de las emisiones regionales de GEI por habitante en función de la población de diferentes grupos de países, en 2004 (véanse en el Apéndice las definiciones de grupos de países). b) Distribución de las emisiones regionales de GEI por dólar USD de $PIB_{PPA}$ en base al PIB de diferentes grupos de países, en 2004. Los porcentajes indicados en las barras, en ambas gráficas, indican porcentajes regionales de emisiones mundiales de GEI. {GTIII Figuras RRP.3a, RRP.3b}*

**Cambios en los GEI inferidos de núcleos de hielo y de datos recientes**

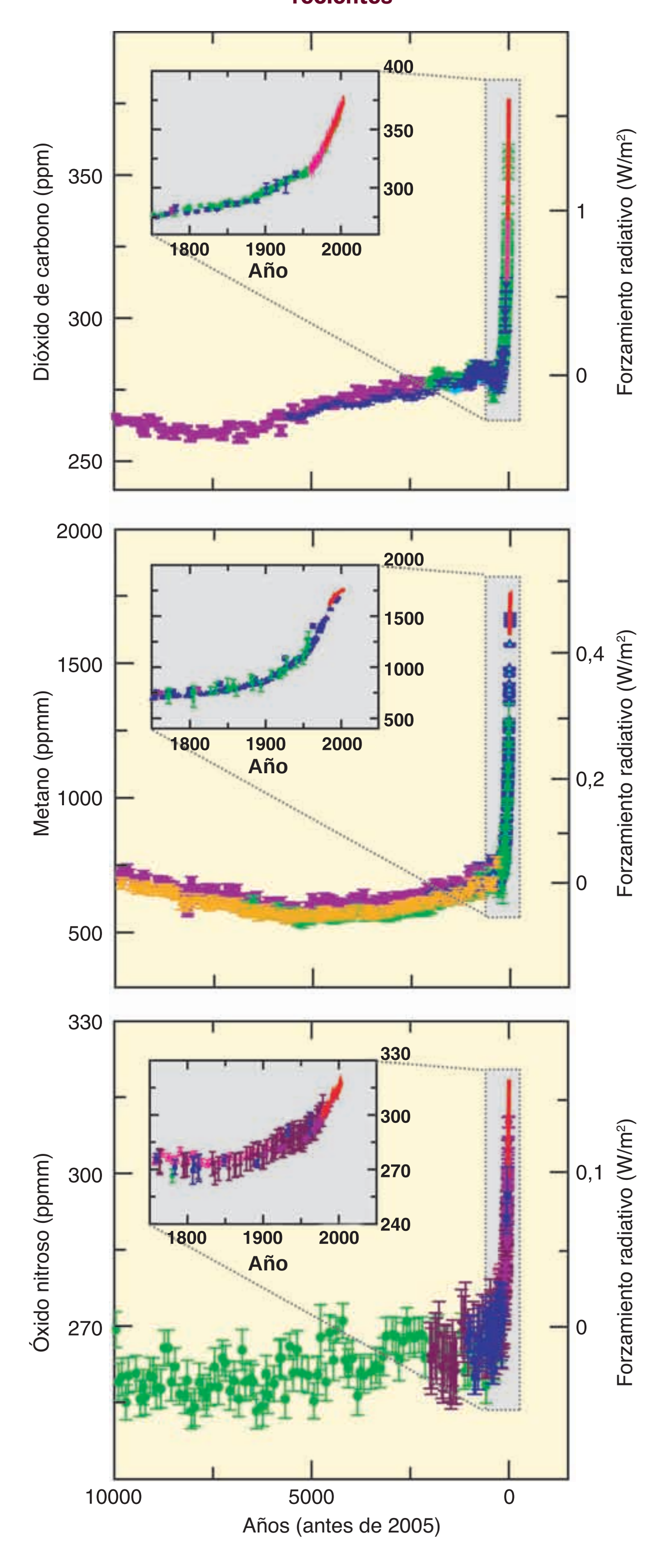



*Figura 2.3. Concentraciones de $CO_2$, $CH_4$ y $N_2O$ en la atmósfera durante los últimos 10.000 años (recuadros grandes) y desde 1750 (recuadros interiores). Las mediciones indicadas proceden de núcleos de hielo (símbolos de diferente color para cada estudio) y de muestras de la atmósfera (líneas en rojo). Los correspondientes forzamientos radiativos respecto de 1750 aparecen indicados en los ejes de los recuadros grandes, en la parte derecha. {GTI Figura RRP.1}*

**aumento de la temperatura mundial, con un forzamiento radiativo de +1,6 [entre +0,6 y +2,4] W/m² (Figura 2.4).** ***{GTI 2.3, 6.5, 2.9, RRP}.***

El forzamiento radiativo conjunto por efecto de los aumentos de $CO_2$, $CH_4$ y $N_2O$ se cifra en +2,3 [entre +2,1 y +2,5] W/m², y su tasa de aumento durante la era industrial ha alcanzado, *muy probablemente*, un valor sin precedentes desde hace más de 10.000 años (Figuras 2.3 y 2.4). Entre 1995 y 2005, el forzamiento radiativo por $CO_2$ aumentó en un 20%, y representa el cambio más acentuado experimentado en cualquiera de los decenios de, como mínimo, los últimos doscientos años. *{GTI 2.3, 6.4, RRP}*

Las contribuciones antropógenas a los aerosoles (principalmente sulfatos, carbono orgánico, carbono negro, nitratos y polvo) producen conjuntamente un efecto de enfriamiento, con un forzamiento radiativo directo total de -0,5 [entre -0,9 y -0,1] W/m² y un forzamiento por albedo de nubes y directo de -0,7 [entre -1,8 y -0,3] W/m². Los aerosoles influyen también en la precipitación. *{GTI 2.4, 2.9, 7.5, RRP}*

Frente a esos valores, se estima que los cambios de la irradiancia solar desde 1750 han causado un pequeño forzamiento radiativo, cifrado en +0,12 [entre +0,06 y +0,30] W/m², menos de la mitad de la estimación ofrecida en el TIE. *{GTI 2.7, RRP}*

## 2.3 Sensibilidad climática y retroefectos del clima

La sensibilidad climática en condiciones de equilibrio es un indicador de la respuesta del sistema climático a un forzamiento radiativo sostenido. Se define como el promedio mundial del calentamiento superficial en condiciones de equilibrio de resultas de una duplicación de la concentración de $CO_2$. Los progresos conseguidos desde el TIE permiten conjeturar que la sensibilidad climática se encuentra *probablemente* entre 2 y 4,5°C, siendo la estimación óptima de aproximadamente 3°C, y es *muy improbable* que sea inferior a 1,5°C. No cabe excluir valores muy superiores a 4,5°C, pero la concordancia de los modelos con las observaciones no es tan ajustada para esos valores. *{GTI 8.6, 9.6, Recuadro 10.2, RRP}*

Los retroefectos pueden amplificar o atenuar la respuesta a un forzamiento dado. La emisión directa de vapor de agua (que es un gas de efecto invernadero) por efecto de las actividades humanas no coadyuva apenas al forzamiento radiativo. Sin embargo, a medida que aumenta el promedio mundial de la temperatura, las concentraciones de vapor de agua en la troposfera aumentan, convirtiéndose en un retroefecto positivo de primer orden, pero no en un forzamiento del cambio climático. Los cambios del vapor de agua representan el retroefecto más importante de cuantos afectan la sensibilidad climática en condiciones de equilibrio y sus mecanismos están más claros ahora que en las fechas del TIE. Los retroefectos de nube siguen siendo la principal fuente de incertidumbre. Las pautas espaciales de la respuesta climática están controladas en gran medida por los procesos y retroefectos del clima. Así, por ejemplo, los retroefectos del albedo mar-hielo tienden a intensificar la respuesta en latitudes altas. *{GTI 2.8, 8.6, 9.2, RT.2.1.3, RT.2.5, RRP}*

El calentamiento reduce la incorporación terrestre y oceánica de $CO_2$ atmosférico, aumentando con ello la fracción de emisiones antropógenas que subsiste en la atmósfera. Este retroefecto positivo del ciclo del carbono induce mayores aumentos de $CO_2$ en la atmósfera, y una intensificación del cambio climático para un escenario de emisiones dado, aunque la intensidad del retroefecto varía considerablemente según el modelo. *{GTI 7.3, RT.5.4, RRP; GTII 4.4}*

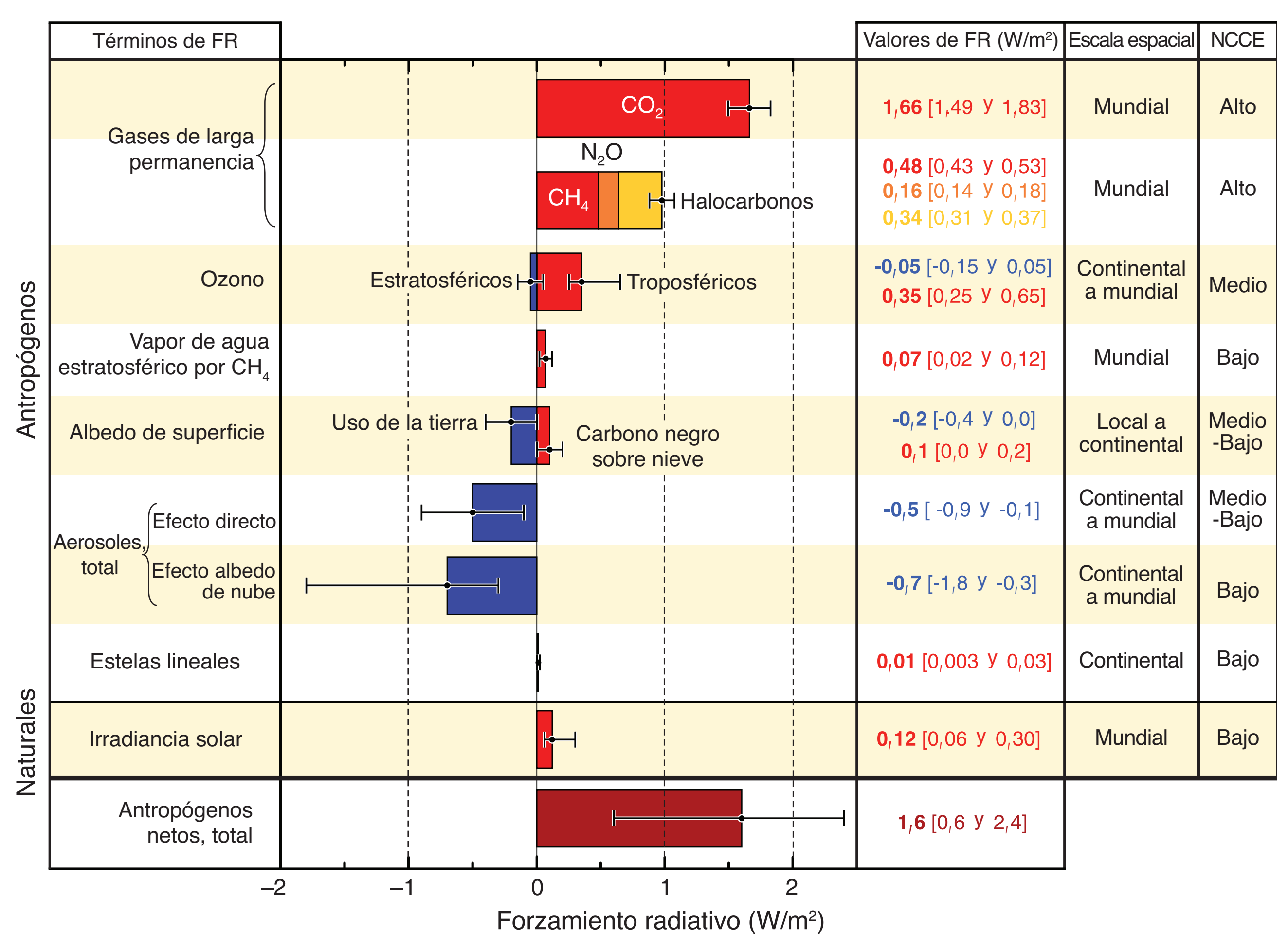



***Figura 2.4.*** *Promedio mundial del forzamiento radiativo (FR) en 2005 (estimaciones óptimas y horquilla de incertidumbres del 5 al 95%) respecto de 1750 para $CO_2$, $CH_4$, $N_2O$ y otros agentes y mecanismos importantes, extensión geográfica típica (escala espacial) del forzamiento, y nivel de conocimiento científico (NDCC) evaluado. Los aerosoles procedentes de erupciones volcánicas explosivas añaden un término de enfriamiento episódico durante cierto número de años después de una erupción. En el intervalo de valores de las estelas de condensación lineales no se incluyen otros posibles efectos de la aviación sobre la nubosidad. {GTI Figura RRP.2}*

## 2.4 Atribución de causas del cambio climático

Para atribuir las causas del cambio climático se evalúa si los cambios observados son coherentes, en términos cuantitativos, con la respuesta esperada a los forzamientos externos (por ejemplo, los cambios de la irradiancia solar o de los GEI antropógenos) e incoherentes con otras posibles explicaciones físicamente plausibles. *{GTI RT.4, RRP}*

**El aumento observado del promedio mundial de las temperaturas desde mediados del siglo XX se debe en su mayor parte, *muy probablemente*, al aumento observado de las concentraciones de GEI antropógenos.[8] Esta conclusión representa un avance, ya que el TIE indicaba que la mayor parte del calentamiento observado en los últimos cincuenta años se debía *probablemente* al aumento de las concentraciones de GEI (Figura 2.5). *{GTI 9.4, RRP}***

El calentamiento generalizado observado en la atmósfera y en el océano, junto con la pérdida de masa de hielo, refuerzan la conclusión de que es *extremadamente improbable* que el cambio climático mundial de los últimos cincuenta años sea explicable en ausencia de un forzamiento externo, y *muy probable* que no se deba exclusivamente a causas naturales conocidas. Durante ese período, la suma de los forzamientos solares y volcánicos habría producido *probablemente* un enfriamiento, y no un calentamiento. El calentamiento del sistema climático ha sido detectado en los cambios de temperatura de la superficie y de la atmósfera, y de la capa superior del océano hasta una profundidad de varios centenares de metros. La pauta observada del calentamiento troposférico y del enfriamiento estratosférico se debe *muy probablemente* a la influencia conjunta de los aumentos de GEI y al agotamiento del ozono de la estratosfera. Es *probable* que el aumento de las concentraciones de GEI haya causado por sí solo un calentamiento mayor del observado, ya que los aerosoles volcánicos y antropógenos han compensado parte del calentamiento que, de otro modo, habría acaecido. *{GTI 2.9, 3.2, 3.4, 4.8, 5.2, 7.5, 9.4, 9.5, 9.7, RT.4.1, RRP}*

[8] El análisis de la incertidumbre restante está basado en metodologías actuales.

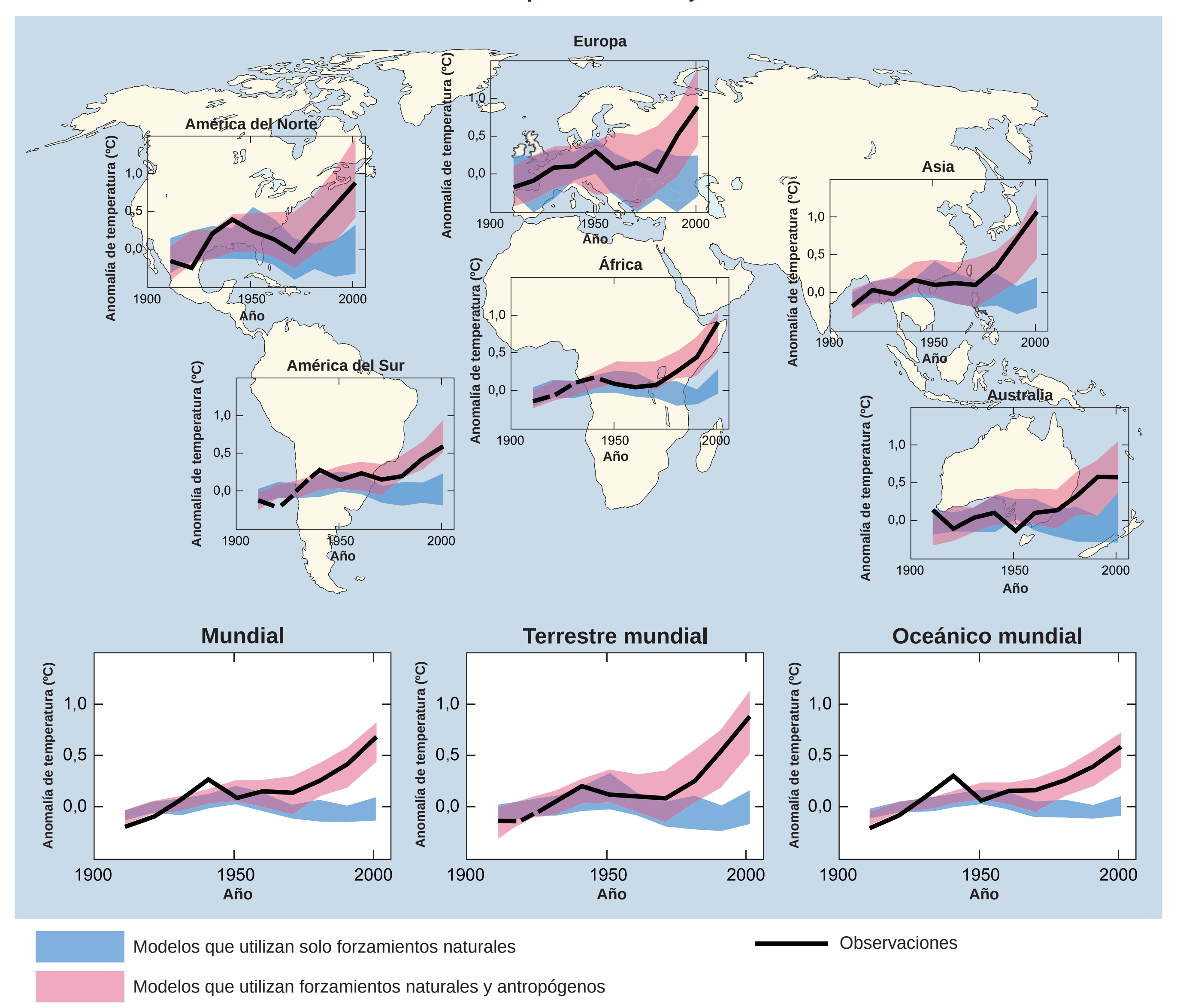



***Figura 2.5.*** *Comparación entre los cambios a escala continental y mundial observados en la temperatura superficial y los resultados simulados por modelos climáticos que utilizan forzamientos naturales, o naturales y antropógenos. Se han indicado los promedios decenales de las observaciones correspondientes al período 1906-2005 (línea negra) respecto de la fecha central del decenio y respecto del promedio correspondiente al período 1901-1950. Las líneas de trazos denotan una cobertura espacial inferior al 50%. Las franjas sombreadas en azul denotan la horquilla del 5 al 95% correspondiente a 19 simulaciones obtenidas de cinco modelos climáticos que utilizan únicamente los forzamientos naturales vinculados a la actividad solar y a los volcanes. Las franjas sombreadas en rojo denotan la horquilla del 5 al 95% correspondiente a 58 simulaciones obtenidas de 14 modelos climáticos que utilizan forzamientos naturales y antropógenos. {GTI Figura RRP.4}*

**Es *probable* que se haya producido un calentamiento antropógeno importante durante los últimos cincuenta años, en promedio para cada continente (excepto la Antártida) (Figura 2.5).** ***{GTI 3.2, 9.4, RRP}***

Las pautas observadas del calentamiento, y en particular el mayor calentamiento experimentado en tierra firme, así como su variación a lo largo del tiempo, son simulados únicamente mediante modelos que incorporan forzamientos antropógenos. Ningún modelo climático mundial acoplado basado únicamente en forzamientos naturales ha conseguido reproducir las tendencias del calentamiento medio de los distintos continentes (excepto la Antártida) durante la segunda mitad del siglo XX. *{GTI 3.2, 9.4, RT.4.2, RRP}*

Subsisten dificultades para simular y atribuir las causas de los cambios de temperatura observados a menores escalas. En tales niveles, la variabilidad natural del clima es relativamente mayor, por lo que resulta más difícil discernir los cambios esperados por efecto de forzamiento externo. Asimismo, las incertidumbres de los forzamientos locales vinculados, por ejemplo, a los aerosoles o a los cambios de uso de la tierra, y de los retroefectos hacen difícil estimar la contribución de los aumentos de GEI a los cambios de temperatura observados en pequeñas escalas. *{GTI 8.3, 9.4, RRP}*

**Los avances logrados desde el TIE indican que las influencias humanas discernibles, lejos de circunscribirse a los promedios de temperatura, abarcan otros aspectos del clima,**

**como los valores de temperatura extremos o las pautas de viento.** ***{GTI 9.4, 9.5, RRP}***

Es *probable* que las temperaturas de las noches más cálidas, de las noches más frías y de los días más fríos hayan aumentado por efecto del forzamiento antropógeno. Es *más probable que improbable* que el forzamiento antropógeno haya agravado el riesgo de olas de calor. El forzamiento antropógeno ha contribuido *probablemente* a modificar las pautas de viento, afectando a la trayectoria de las tempestades extratropicales y a las pautas de temperatura en ambos hemisferios. Sin embargo, los cambios observados en la circulación del Hemisferio Norte son mayores que los simulados por los modelos en respuesta al cambio del forzamiento durante el siglo XX. *{GTI 3.5, 3.6, 9.4, 9.5, 10.3, RRP}*

Es *muy probable* que la respuesta al forzamiento antropógeno haya contribuido al aumento de nivel del mar durante la segunda mitad del siglo XX. Hay cierta evidencia de que la influencia humana sobre el clima ha afectado al ciclo hidrológico, y particularmente a las pautas de cambio de las precipitaciones terrestres observadas a gran escala durante el siglo XX. Es *más probable que improbable* que la influencia humana haya contribuido a la tendencia mundial creciente que se aprecia en las extensiones afectadas por sequías desde los años 70 y en la frecuencia de las precipitaciones intensas. *{GTI 3.3, 5.5, 9.5, RT.4.1, RT.4.3}*

**El calentamiento antropógeno de los tres últimos decenios ha ejercido *probablemente* una influencia discernible a escala mundial sobre los cambios observados en numerosos sistemas físicos y biológicos.** ***{GTII 1.4}***

Una síntesis de diversos estudios evidencia claramente que es *muy improbable* que la concordancia espacial entre las regiones del mundo que han experimentado un calentamiento perceptible y la ubicación de los cambios importantes observados en numerosos sistemas naturales en sintonía con el calentamiento se deba únicamente a la variabilidad natural de las temperaturas o a la variabilidad natural de los sistemas. Varios estudios de modelización han vinculado ciertas respuestas específicas de los sistemas físicos y biológicos al calentamiento antropógeno, pero solo se ha realizado un pequeño número de estudios al respecto. Conjuntamente con la evidencia de un importante calentamiento antropógeno promediado para cada continente (excepto la Antártida) en los últimos cincuenta años, es *probable* que el calentamiento antropógeno de los tres últimos decenios haya ejercido una influencia discernible sobre numerosos sistemas naturales. *{GTI 3.2, 9.4, RRP; GTII 1.4, RRP}*

En la actualidad, ciertas lagunas y limitaciones impiden atribuir más detalladamente las causas de las respuestas observadas de los sistemas naturales al calentamiento antropógeno. Los análisis disponibles son limitados en términos del número de sistemas, de la longitud de los registros y de las ubicaciones examinadas. La variabilidad natural de la temperatura es mayor a escala regional que a escala mundial, lo cual afecta a la posibilidad de identificar los cambios acaecidos en respuesta al forzamiento externo. A escala regional, influyen también otros factores no climáticos (por ejemplo, los cambios de uso de la tierra, la polución, o las especies invasivas). *{GTII 1.2, 1.3, 1.4, RRP}*

# 3

## El cambio climático y sus impactos a corto y largo plazo en diferentes escenarios

## 3.1 Escenarios de emisiones

**Hay un *alto nivel de coincidencia* y *abundante evidencia*[9] para afirmar que, con las políticas actuales de mitigación del cambio climático y con las prácticas de desarrollo sostenible que aquellas conllevan, las emisiones mundiales de GEI seguirán aumentando en los próximos decenios. Los escenarios de emisiones de referencia publicados desde el Informe Especial del IPCC sobre escenario de emisiones (IEEE, 2000) arrojan unos valores comparables a los expuestos en el IEEE (véase el recuadro sobre los escenarios IEEE y con la Figura 3.1).[10]** ***{GTIII 1.3, 3.2, RRP}***

Los escenarios IEEE proyectan un aumento de los niveles de referencia de las emisiones mundiales de GEI de entre 9,7 y 36,7 $GtCO_2$-eq (entre un 25% y un 90%) entre 2000 y 2030. En esos escenarios, los combustibles de origen fósil mantendrían, según las proyecciones, su posición predominante en el conjunto de las energías mundiales hasta más allá de 2030. Por consiguiente, las emisiones de $CO_2$ procedentes de la utilización de energía aumentarían entre un 40% y un 110% entre 2000 y 2030. *{GTIII 1.3, RRP}*

En los estudios publicados desde el IEEE (escenarios post-IEEE) se ha rebajado la magnitud asignada a ciertos originantes de emisiones, particularmente las proyecciones demográficas. Sin embargo, en los estudios que han introducido esta modificación, las variaciones de otros originantes, como el crecimiento económico, apenas se traducen en cambios de los niveles de emisión totales. Las proyecciones de crecimiento económico para África, América Latina y Oriente Medio hasta 2030 son, en los escenarios de referencia posteriores al IEEE, inferiores a las de este, aunque ello influye solo muy secundariamente en el crecimiento económico mundial y en las emisiones totales. *{GTIII 3.2, RT.3, RRP}*

Los aerosoles producen un efecto de enfriamiento neto, y la representación de las emisiones de aerosoles y de sus precursores, incluido el dióxido de azufre, el carbono negro y el carbono orgánico, ha mejorado en los escenarios post-IEEE. En términos generales, esas emisiones serían, según las proyecciones, inferiores a las indicadas en el IEEE. *{GTIII 3.2, RT.3, RRP}*

**Escenarios de emisiones de GEI entre 2000 y 2100 en ausencia de políticas climáticas adicionales**

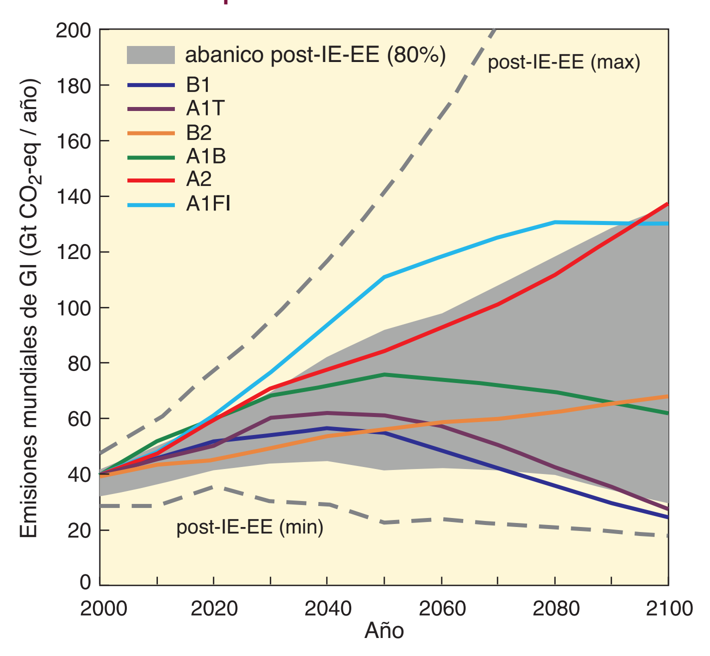



***Figura 3.1.*** *Emisiones mundiales de GEI (en Gt $CO_2$-eq anuales) en ausencia de políticas climáticas adicionales: seis ejemplos de escenarios testimoniales IEEE (líneas de color), y percentilo 80 de escenarios recientes publicados desde el IEEE (post-IEEE) (área sombreada en gris). Las líneas de trazos indican el abanico completo de escenarios post-IEEE. Las emisiones abarcan los gases $CO_2$, $CH_4$ y $N_2O$. y gases-F {GTIII 1.3, 3.2, Figura RRP.4}*

Los estudios disponibles indican que, sea cual sea la tasa de cambio escogida para el producto interno bruto (PIB) (el tipo de cambio de mercado, TCM, o la paridad de poder adquisitivo, PPA), las proyecciones de emisión no resultan apreciablemente afectadas si se utilizan de manera coherente.[11] Las diferencias, de haberlas, son pequeñas en comparación con las incertidumbres que generan otros parámetros de los escenarios; por ejemplo, el cambio tecnológico. *{GTIII 3.2, RT.3, RRP}*

### Escenarios IEEE

El término IEEE designa los escenarios descritos en el Informe Especial del IPCC sobre escenarios de emisiones (IEEE, 2000). Los escenarios IEEE están agrupados en cuatro familias (A1, A2, B1 B2) que exploran vías de desarrollo alternativas incorporando toda una serie de fuerzas originantes demográficas, económicas y tecnológicas, junto con las emisiones de GEI resultantes. Los escenarios IEEE no contemplan otras políticas climáticas además de las existentes. Las proyecciones de emisión son muy utilizadas para conjeturar el cambio climático futuro, y sus supuestos básicos respecto de la evolución socioeconómica, demográfica y tecnológica son el punto de partida de numerosos estudios sobre la vulnerabilidad del cambio climático y evaluaciones de impacto. *{GTI 10.1; GTII 2.4; GTIII RT.1, RRP}*

La línea argumental A1 presupone un crecimiento económico mundial muy rápido, un máximo de la población mundial hacia mediados de siglo, y una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes. Se divide en tres grupos, que reflejan tres direcciones alternativas de cambio tecnológico: intensiva en combustibles fósiles (A1FI), energías de origen no fósil (A1T), y equilibrio entre las distintas fuentes (A1B). B1 describe un mundo convergente, con la misma población mundial que A1, pero con una evolución más rápida de las estructuras económicas hacia una economía de servicios y de información. B2 describe un planeta con una población intermedia y un crecimiento económico intermedio, más orientada a las soluciones locales para alcanzar la sostenibilidad económica, social y medioambiental. A2 describe un mundo muy heterogéneo con crecimiento de población fuerte, desarrollo económico lento, y cambio tecnológico lento. No se han asignado niveles de probabilidad a ninguno de los escenarios IEEE. *{GTIII RT.1, RRP}*

[9] Las valoraciones de coincidencia/evidencia indicadas en cursiva representan expresiones calibradas de incertidumbre y de confianza. Para una explicación de estos términos, véase el recuadro “Tratamiento de la incertidumbre”, en la Introducción.

[10] Los escenarios de referencia no contemplan otras políticas climáticas además de las actuales; estudios más recientes difieren con respecto a la inclusión o no de la CMCC y del Protocolo de Kyoto. Las trayectorias de emisión de los escenarios de mitigación se examinan en el Tema 5.

[11] Desde el TIE, se viene debatiendo la utilización de diferentes tipos de cambio en los escenarios de emisiones. Para comparar el PIB entre países se utilizan dos métricas. La utilización de TCM es preferible para los análisis en que intervienen productos sujetos al comercio internacional. Para los análisis que comparan ingresos entre países en estadios de desarrollo muy diferentes, en cambio, es preferible utilizar la PPA. En este informe, la mayoría de las unidades monetarias están expresadas en TCM. Ello concuerda con la gran mayoría de las publicaciones sobre mitigación de emisiones, que expresan sus valoraciones en TCM. Cuando las unidades monetarias están expresadas en PPA, ello se denotará mediante las siglas PIBPPA. *{GTIII RRP}*

## 3.2 Proyecciones de cambios futuros del clima

**Para los dos decenios próximos las proyecciones indican un calentamiento de aproximadamente 0,2°C por decenio para una franja de escenarios de emisiones IEEE. Aunque se mantuvieran constantes las concentraciones de todos los GEI y aerosoles en los niveles del año 2000, cabría esperar un calentamiento adicional de aproximadamente 0,1°C por decenio. A partir de esa fecha, las proyecciones de temperatura dependen cada vez más de los escenarios de emisiones (Figura 3.2).** ***{GTI 10.3, 10.7; GTIII 3.2}***

Desde el primer informe del IPCC de 1990, las proyecciones examinadas han señalado promedios mundiales del aumento de la temperatura de entre aproximadamente 0,15 y 0,3°C por decenio entre 1990 y 2005. Cabe comparar esta cifra con los valores observados (aproximadamente, 0,2°C por decenio), que mejoran el nivel de confianza respecto de las proyecciones a corto plazo. *{GTI 1.2, 3.2}*

### 3.2.1 Cambios mundiales durante el siglo XXI

**De proseguir las emisiones de GEI al ritmo actual o a un ritmo mayor, se intensificaría el calentamiento y se operarían numerosos cambios en el sistema climático mundial durante el siglo XXI, *muy probablemente* superiores en magnitud a los observados durante el siglo XX.** ***{GTI 10.3}***

Los avances en la modelización del cambio climático permiten ya ofrecer estimaciones óptimas y, *probablemente*, intervalos de incertidumbre respecto del calentamiento proyectado, para diferentes escenarios de emisiones. En la Tabla 3.1 se recogen varias estimaciones óptimas e intervalos *probables* del promedio mundial del calentamiento del aire en superficie para los seis escenarios testimoniales del IEEE (incluidos los retroefectos clima-ciclo del carbono). *{GTI 10.5}*

Aunque estas proyecciones concuerdan en términos generales con el intervalo de valores señalado en el TIE (entre 1,4 y 5,8°C), no son directamente comparables. Los tramos superiores de las proyecciones de temperatura son mayores que en el TIE, debido principalmente a que el mayor número de modelos actualmente disponible parece indicar unos retroefectos clima-ciclo del carbono más intensos. En el escenario A2, por ejemplo, el retroefecto clima-ciclo del carbono eleva el correspondiente promedio mundial del calentamiento de aquí a 2100 en más de 1°C. Los retroefectos del carbono se examinan en el Tema 2.3. *{GTI 7.3, 10.5, RRP}*

Dados los escasos conocimientos existentes acerca de ciertos efectos importantes originantes del aumento de nivel del mar, en el presente informe no se ha evaluado la verosimilitud ni se ha ofrecido una estimación óptima o una cota superior del aumento de nivel del mar. En la Tabla 3.1 se indican proyecciones de los modelos para el promedio mundial del aumento de nivel del mar al término del siglo XXI (2090-2099). Para cada escenario, el punto medio del intervalo de valores de la Tabla 3.1 no se aleja más de un 10% del promedio de los modelos del TIE para 2090-2099. Los intervalos son más reducidos en el TIE, debido básicamente a un conocimiento actualmente más detallado de algunas de las incertidumbres respecto de las contribuciones proyectadas.[12] Las proyecciones del nivel del mar no incorporan las incertidumbres de los retroefectos clima-ciclo del carbono, ni los efectos íntegros de los cambios sobre el flujo de manto de hielo, dado que no hay publicaciones científicas suficientes. Por consiguiente, los valores superiores de los intervalos indicados no han de considerarse como cotas superiores del aumento de nivel del mar. Las proyecciones incorporan una contribución del aumento del flujo de hielo en Groenlandia y en la Antártida para las tasas observadas en 1993-2003, pero estas tasas podrían aumentar o disminuir en el futuro. Si esta aportación aumentase linealmente con el cambio del promedio mundial de temperatura, los tramos superiores del aumento de nivel del mar en los escenarios IEEE indicados en la Tabla 3.1 aumentarían en 0,1 a 0,2 m.[13] *{GTI 10.6, RRP}*

***Tabla 3.1.*** *Promedio mundial proyectado del calentamiento en superficie y del aumento de nivel del mar para el final del siglo XXI. {GTI 10.5, 10.6, Tabla 10.7, Tabla RRP.3}*

| Caso | Cambio de temperatura (°C en 2090-2099 respecto de 1980-1999) [a, d] | | Aumento de nivel del mar (m en 2090-2099 respecto de 1980-1999) |
|---|---|---|---|
| | Estimación óptima | Intervalo *probable* | Intervalo según los modelos Excluidos los cambios dinámicos rápidos futuros del flujo de hielo |
| Concentraciones del año 2000 constantes | 0,6 | 0,3 - 0,9 | No disponible |
| Escenario B1 | 1,8 | 1,1 - 2,9 | 0,18 - 0,38 |
| Escenario A1T | 2,4 | 1,4 - 3,8 | 0,20 - 0,45 |
| Escenario B2 | 2,4 | 1,4 - 3,8 | 0,20 - 0,43 |
| Escenario A1B | 2,8 | 1,7 - 4,4 | 0,21 - 0,48 |
| Escenario A2 | 3,4 | 2,0 - 5,4 | 0,23 - 0,51 |
| Escenario A1FI | 4,0 | 2,4 - 6,4 | 0,26 - 0,59 |

Notas:

a) Estas estimaciones han sido evaluadas mediante una jerarquía de modelos que abarca un modelo climático simple, varios modelos terrenos de complejidad intermedia, y un gran número de modelos de circulación general atmósfera-océano (MCGAO), junto con las limitaciones observacionales.

b) La composición del año 2000 constante se obtiene únicamente de los MCGAO.

c) Todos los escenarios precedentes son seis escenarios testimoniales IEEE. La concentración de $CO_2$-eq aproximada correspondiente al forzamiento radiativo calculado como resultado de los GEI y aerosoles antropógenos en 2100 (véase la página 823 del TIE del GTI) para los escenarios testimoniales B1, AIT, B2, A1B, A2 y A1FI del IEEE es de aproximadamente 600, 700, 800, 850, 1250 y 1550 ppm, respectivamente.

d) Los cambios de temperatura están expresados como valores diferenciales respecto del período 1980-1999. Para expresar el cambio respecto del período 1850-1899, añádanse 0,5°C.

[12] Las proyecciones del TIE abarcaban hasta 2100, mientras que las del presente Informe corresponden a 2090-2099. El TIE arrojaría unos intervalos de valores similares a los de la Tabla 3.1 si hubiera tratado las incertidumbres de la misma manera.

[13] Para un análisis de largo plazo, véanse las Secciones 3.2.3 y 5.2.

### 3.2.2 Cambios regionales durante el siglo XXI

**Se tiene ahora un grado de confianza más alto que en el TIE respecto de las pautas de calentamiento proyectadas y de otros aspectos de escala regional, como los cambios en las pautas de viento, en la precipitación, y en ciertos aspectos de los valores extremos y de los hielos marinos.** ***{GTI 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 9.4, 9.5, 10.3, 11.1}***

El calentamiento proyectado para el siglo XXI apunta a unas pautas geográficas similares, con independencia del escenario, a las observadas en los últimos decenios. Se espera un calentamiento máximo sobre tierra firme y en la mayoría de las latitudes septentrionales altas, y mínimo sobre el Océano Austral (cerca de la región antártica) y sobre el norte del Atlántico Norte, en continuidad con las tendencias recientes observadas (Figura 3.2, imágenes de la derecha). *{GTI 10.3, RRP}*

Se proyecta una contracción de la extensión de la cubierta de nieve. Se proyectan asimismo aumentos profusos del espesor de deshielo en la mayoría de las regiones de permafrost. Se experimentaría también una retracción de los hielos marinos tanto en el ártico como en el antártico en todos los escenarios IEEE. En ciertas proyecciones, el hielo marino ártico del final del verano desaparece casi completamente hacia el final del siglo XXI. *{GTI 10.3, 10.6, RRP; GTII 15.3.4}*

Es *muy probable* que aumente la frecuencia de los valores extremos, de las olas de calor y de las precipitaciones intensas. *{IDS Tabla 3.2; GTI 10.3, RRP}*

Según una franja de modelos, es *probable* que en el futuro los ciclones tropicales (tifones y huracanes) sean más intensos, con máximos más acentuados de la velocidad del viento y mayor abundancia de precipitaciones intensas, todo ello vinculado al constante aumento de la temperatura superficial de los mares tropicales. Con un menor grado de confianza, las proyecciones indican una disminución mundial del número de ciclones tropicales. El aparente aumento proporcional de las tempestades muy intensas desde 1970 en algunas regiones es mucho mayor que el simulado por los modelos actuales para ese período. *{GTI 3.8, 9.5, 10.3, RRP}*

Las trayectorias de tempestad extratropicales progresarían hacia los polos, con los consiguientes cambios en las pautas de viento, de precipitación y de temperatura, como continuación de las pautas generales de las tendencias observadas durante el medio siglo pasado. *{GTI 3.6, 10.3, RRP}*

Es mucho lo que se ha aprendido desde el TIE acerca de los valores proyectados de las pautas de precipitación. Es *muy probable* que aumente cuantitativamente la precipitación en latitudes altas, disminuyendo *probablemente* en la mayoría de las regiones terrestres subtropicales (tan sustancialmente como un 20% aproximadamente en el escenario A1B de aquí a 2100, Figura 3.3), como continuación de las pautas observadas en las tendencias recientes. *{GTI 3.3, 8.3, 9.5, 10.3, 11.2-11.9, RRP}*

### 3.2.3 Cambios posteriores al siglo XXI

**El calentamiento antropógeno y el aumento de nivel del mar proseguirán durante siglos, en razón de las escalas de tiempo asociadas a los procesos y retroefectos del clima, aun cuando las concentraciones de GEI se estabilicen.** ***{GTI 10.4, 10.5, 10.7, RRP}***

**Proyecciones del calentamiento en superficie obtenidas de un modelo de circulación general atmósfera-océano**

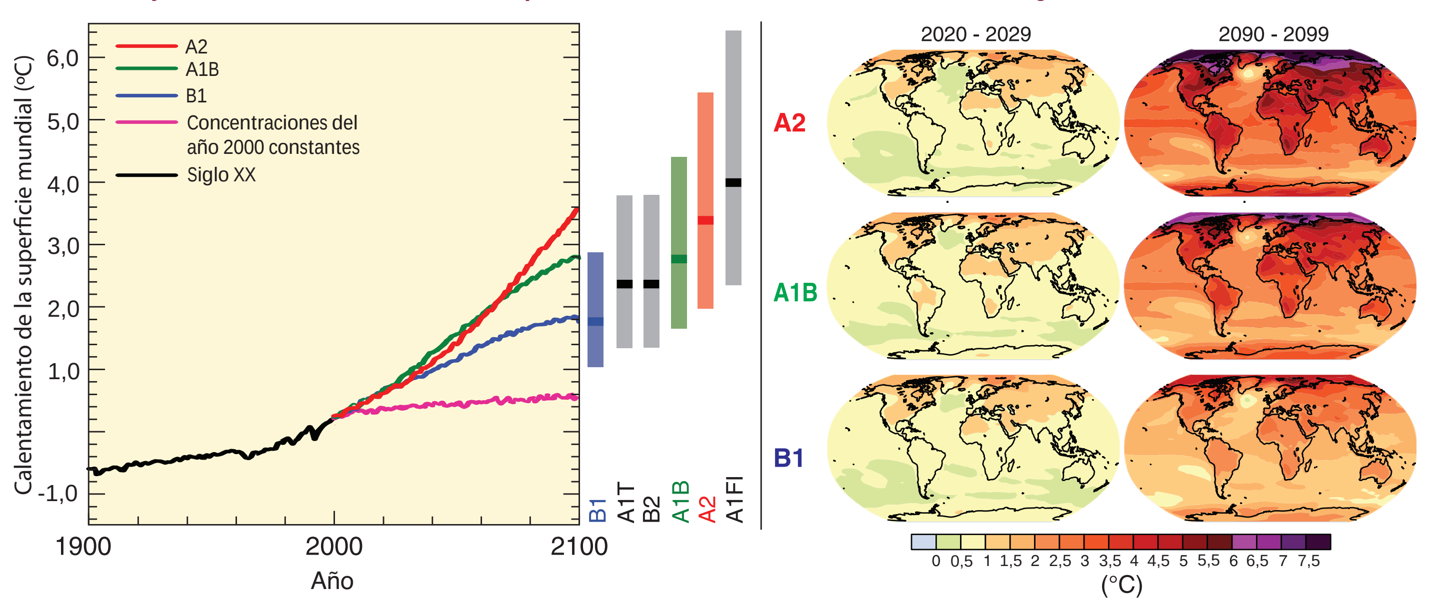



***Figura 3.2.*** ***Gráfica izquierda:*** *Las líneas de trazo continuo representan promedios mundiales multimodelo del calentamiento en superficie (respecto del período 1980-1999) para los escenarios IEEE A2, A1B y B1, representados como continuación de las simulaciones del siglo XX. La línea anaranjada describe un experimento cuyas concentraciones se mantuvieron constantes en valores del año 2000. Las barras del centro de la Figura representan la estimación óptima (línea gruesa transversal interior) y el intervalo de valores* probables *para los seis escenarios testimoniales IEEE en el período 2090-2099 respecto de 1980-1999. La estimación óptima y los intervalos* probables *representados por las barras abarcan los modelos de circulación general atmósfera-océano (MCGAO) indicados en la parte izquierda, así como los resultados de una jerarquía de modelos independientes y las limitaciones observacionales.*

***Imágenes de la derecha:*** *Proyecciones del cambio de la temperatura en superficie para el comienzo y el final del siglo XXI, respecto del período 1980-1999. En los mapas aparecen representadas las proyecciones del promedio de los MCGAO para los escenarios IEEE A2 (parte superior), A1B (parte central) y B1 (parte inferior) a lo largo de los decenios 2020-2029 (izquierda) y 2090-2099 (derecha). {GTI 10.4, 10.8, Figuras 10.28, 10.29, RRP}*

**Proyecciones multimodelo de las pautas de cambio de las precipitaciones**

% -20 -10 -5 5 10 20

*Figura 3.3. Cambios de la precipitación relativos (en valores porcentuales) para el período 2090-2099, respecto del período 1980-1999. Los valores son promedios multimodelo basados en el escenario A1B (IEEE) para los períodos diciembre-febrero (izquierda) y junio-agosto (derecha). Las áreas en blanco representan los lugares en que más de un 66% de los modelos coinciden en el signo del cambio, y las áreas punteadas representan los lugares en que más de un 90% de los modelos concuerdan en el signo del cambio. {GTI Figura 10.9, RRP}*

Si se estabilizara el forzamiento radiativo manteniendo constantes todos los agentes de forzamiento radiativo en los niveles de B1 o A1B de aquí a 2100, experimentos mediante modelos indican que cabría esperar todavía un aumento del promedio mundial de la temperatura de aproximadamente 0,5°C de aquí a 2200. Además, la dilatación térmica por sí sola originaría un aumento de nivel del mar de 0,3 a 0,8 m de aquí a 2300 (respecto de 1980-1999). La dilatación térmica proseguiría durante muchos siglos, debido al tiempo necesario para transportar calor hacia las capas profundas del océano. *{GTI 10.7, RRP}*

Según las proyecciones, la contracción del manto de hielo de Groenlandia seguirá coadyuvando al aumento de nivel del mar a partir de 2100. Los modelos actuales apuntan a unas mayores pérdidas de masa de hielo por efecto de la temperatura, más rápidamente que las acumulaciones de masa por efecto de una mayor precipitación, y parecen indicar que el balance de masa en superficie llegará a ser negativo (pérdida de hielo neta) cuando el promedio mundial del calentamiento (respecto de los valores preindustriales) sea superior a entre 1,9 y 4,6°C. De prolongarse milenios, ese balance de masa negativo conduciría a una desaparición prácticamente total del manto de hielo de Groenlandia y, consiguientemente, contribuiría a un aumento de nivel del mar en aproximadamente 7 m. De ser así, las temperaturas de Groenlandia (1,9 a 4,6°C a nivel mundial) serían comparables a las inferidas para el último período interglacial de hace 125.000 años, en que, según la información paleoclimática, la extensión de los hielos terrestres se redujo y se experimentó un aumento de nivel del mar de entre 4 y 6 m. *{GTI 6.4, 10.7, RRP}*

Los procesos dinámicos relacionados con el flujo de hielo, no incluidos en los modelos actuales pero sugeridos por observaciones recientes, podrían acentuar la vulnerabilidad de los mantos de hielo al calentamiento, dando lugar a un aumento de nivel del mar. Los conocimientos acerca de estos procesos son limitados, por lo que no hay consenso acerca de su magnitud. *{GTI 4.6, 10.7, RRP}*

Estudios actuales basados en modelos mundiales apuntan a que el manto de hielo antártico seguirá manteniéndose demasiado frío para experimentar deshielos generalizados en superficie, y aumentará de masa debido al aumento de la precipitación de nieve. Sin embargo, podría experimentar una pérdida neta de masa de hielo si la descarga de hielo dinámica predominara en el balance de masa del manto de hielo. *{GTI 10.7, RRP}*

Las emisiones de $CO_2$ antropógeno, tanto pasadas como futuras, seguirán coadyuvando al calentamiento y al aumento de nivel del mar durante más de un milenio, debido a las escalas de tiempo necesarias para detraer ese gas de la atmósfera. *{GTI 7.3, 10.3, Figura 7.12, Figura 10.35, RRP}*

En la Figura 3.4 se representa el calentamiento estimado a largo plazo (multisecular) correspondiente a las seis categorías de estabiización del CIE del GT III.

## 3.3 Impactos de los cambios climáticos futuros

**Se dispone ahora de información más específica, en muy diversos sistemas y sectores, acerca de la naturaleza de los impactos futuros, incluidos varios aspectos no examinados en evaluaciones anteriores. *{GTII RT.4 RRP}***

Se ofrece a continuación una selección de conclusiones clave[14] con respecto a los impactos del cambio climático por sistemas, sectores y regiones, así como algunas conclusiones sobre la vulnerabilidad[15] para el abanico de cambios climáticos proyectado para el siglo XXI. A menos que se indique lo contrario, el grado de confianza en las proyecciones es alto. Los aumentos del promedio mundial de temperatura están indicados respecto del período 1980-1999. Puede obtenerse información adicional sobre ellos en el informe del GT II. *{GTII RRP}*

### 3.3.1 Impactos sobre sistemas y sectores

**Ecosistemas**

- La resiliencia de numerosos ecosistemas se verá *probablemente* superada en el presente siglo por una combinación sin preceden-

[14] Criterios de selección: magnitud y cronología de los impactos, confianza en la evaluación, cobertura representativa del sistema, del sector y de la región.
[15] La vulnerabilidad al cambio climático es el grado en que los sistemas son susceptibles a los impactos adversos e incapaces de hacerles frente.

**Calentamiento multisecular estimado respecto del período 1980-1999 para las categorías de estabilización del CIE**

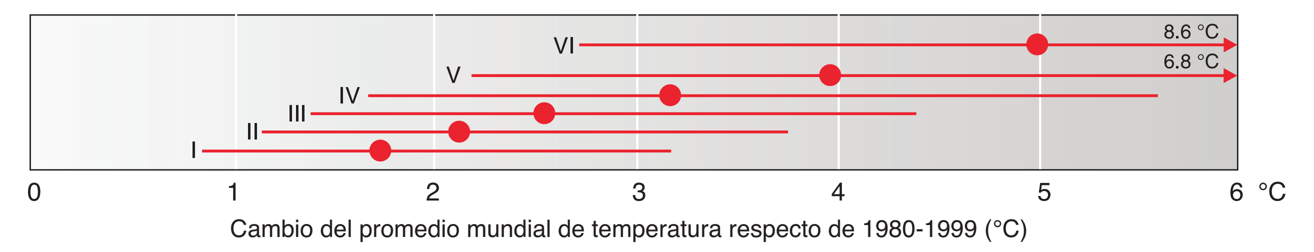



*Figura 3.4. Calentamiento estimado a largo plazo (multisecular) para las seis categorías de estabilización del GT III del CIE (Tabla 5.1). Se ha rebajado en -0,5°C la escala de temperaturas respecto de la Tabla 5.1 para reflejar aproximadamente el calentamiento acaecido entre la era preindustrial y el período 1980-1999. Para la mayoría de los niveles de estabilización, el promedio mundial de las temperaturas se aproxima al nivel de equilibrio al cabo de varios siglos. Para los escenarios de emisiones de GEI que conducen a la estabilización en niveles comparables a los de los escenarios B1 y A1B (IEEE) de aquí a 2100 (600 y 850 ppm de $CO_2$-eq; categorías IV y V), los modelos evaluados proyectan que en la fecha de estabilización se alcanzaría entre un 65% y un 70% aproximadamente del aumento mundial estimado de la temperatura en equilibrio, presuponiendo una sensibilidad climática de 3°C. En los escenarios de estabilización mucho más débiles (categorías I y II, Figura 5.1), la temperatura en equilibrio podría alcanzarse antes. {GTI 10.7.2}*

tes de cambio climático, perturbaciones asociadas (por ejemplo, inundaciones, sequías, incendios incontrolados, insectos, acidificación del océano), y otros originantes del cam- bio mundial (por ejemplo, cambio de uso de la tierra, polución, fragmentación de los sistemas naturales, sobreexplotación de recursos). *{GTII 4.1-4.6, RRP}*

- Durante el presente siglo, la incorporación de carbono neta de los ecosistemas terrestres alcanzará *probablemente* un máximo antes de mediados del siglo para, seguidamente, debilitarse o incluso invertirse[16], amplificando de ese modo el cambio climático. *{GTII 4.RE, Figura 4.2, RRP}*.
- Entre un 20 y un 30% aproximadamente de las especies vegetales y animales estudiadas hasta la fecha estarán *probablemente* expuestas a un mayor riesgo de extinción si los aumentos del promedio mundial de temperatura exceden de entre 1,5 y 2,5°C (grado de confianza medio). *{GTII 4.RE, Figura 4.2, RRP}*
- Para aumentos del promedio mundial de temperatura superiores a entre 1,5 y 2,5°C y para las correspondientes concentraciones de $CO_2$ en la atmósfera, las proyecciones indican importantes cambios en la estructura y función de los ecosistemas, en las interacciones ecológicas y desplazamientos de ámbito geográfico de las especies, con consecuencias predominantemente negativas para la biodiversidad y para los bienes y servicios ecosistémicos (por ejemplo, suministro de agua y alimentos). *{GTII 4.4, Recuadro RT.6, RRP}*

**Alimentos**

- Según las proyecciones, la productividad de los cultivos aumentará ligeramente en latitudes medias a altas para aumentos de la temperatura media de hasta 1 a 3 °C en función del tipo de cultivo, para seguidamente disminuir por debajo de ese nivel en algunas regiones (*grado de confianza medio*). *{GTII 5.4, RRP}*
- En latitudes inferiores, especialmente en regiones estacionalmente secas y tropicales, la productividad de los cultivos disminuiría para aumentos de la temperatura local aún menores (de entre 1 y 2 °C), que incrementarían el riesgo de hambre (*grado de confianza medio*). *{GTII 5.4, RRP}*
- A nivel mundial, el potencial de producción alimentaria aumentaría si el promedio local de la temperatura aumentase entre 1 y 3 °C, aunque por encima de estos niveles disminuiría (*grado de confianza medio*). *{GTII 5.4, 5.5, RRP}*

**Costas**

- Las costas estarían expuestas a mayores riesgos, y en particular a la erosión, por efecto del cambio climático y del aumento de nivel del mar. Este efecto se vería exacerbado por la creciente presión ejercida por la presencia humana sobre las áreas costeras (*grado de confianza muy alto*). *{GTII 6.3, 6.4, RRP}*
- De aquí al decenio de 2080 padecerían inundaciones todos los años por efecto del aumento de nivel del mar muchos millones de personas más que en la actualidad. La población afectada sería máxima en los grandes deltas de baja altura y alta densidad de población de Asia y África, en tanto que las islas pequeñas serían especialmente vulnerables (*grado de confianza muy alto*). *{GTII 6.4, 6.5, Tabla 6.11, RRP}*

**Industria, asentamientos y sociedad**

- Las industrias, asentamientos y sociedades más vulnerables son, en términos generales, las situadas en llanuras costeras y planicies propensas a las crecidas fluviales, así como aquellas cuya economía está estrechamente vinculada a recursos sensibles al clima, y otras ubicadas en áreas propensas a fenómenos meteorológicos extremos, especialmente allí donde los procesos de urbanización son rápidos. *{GTII 7.1, 7.3, 7.4, 7.5, RRP}*
- Las comunidades pobres podrían ser especialmente vulnerables, en particular las que se concentran en áreas de alto riesgo. *{GTII 7.2, 7.4, 5.4, RRP}*

**Salud**

- La situación sanitaria de millones de personas resultaría afectada, ya que agravaría la malnutrición y el número de defunciones, enfermedades y lesiones causadas por fenómenos meteorológicos extremos; aumentaría la carga de enfermedades diarreicas; crecería la frecuencia de enfermedades cardiorrespiratorias debido al aumento de las concentraciones del ozono en niveles bajos de áreas urbanas por efecto del cambio climático; y se alteraría la distribución espacial de ciertas enfermedades infecciosas. *{GTI 7.4, Recuadro 7.4; GTII 8.RE, 8.2, 8.4, RRP}*
- El cambio climático reportaría algunos beneficios en áreas templadas, ya que disminuirían las defunciones por exposición al frío, además de otros efectos parcialmente beneficiosos, como alteraciones del ámbito geográfico y del potencial de transmisión del paludismo en África. En conjunto, cabría esperar que los

[16] En el supuesto de que continúen las emisiones de GEI en las tasas actuales u otras superiores, además de otros cambios de alcance mundial, como los cambios de uso de la tierra.

## El cambio climático y el agua

Se espera que el cambio climático intensifique el estrés actualmente padecido por los recursos hídricos, debido al crecimiento de la población y al cambio económico y de los usos de la tierra y, en particular, a la urbanización. A escala regional, los bancos de nieve de montaña, los glaciares y los pequeños casquetes de hielo desempeñan un papel crucial con respecto a la disponibilidad de agua dulce. Según las proyecciones, las pérdidas de masa generalizadas de los glaciares y las reducciones de la cubierta de nieve de los últimos decenios se acelerarían durante el siglo XXI, reduciendo así la disponibilidad de agua y el potencial hidroeléctrico, y alterando la estacionalidad de los flujos en regiones abastecidas de agua de nieve de las principales cordilleras (por ejemplo, Hindu-Kush, Himalaya, Andes), donde vive actualmente más de la sexta parte de la población mundial. *{GTI 4.1, 4.5; GTII 3.3, 3.4, 3.5}*

Los cambios en la precipitación (Figura 3.3) y en la temperatura (Figura 3.2) inducen cambios de la escorrentía (Figura 3.5) y de la disponibilidad de agua. Con un *grado de confianza alto*, la escorrentía aumentaría entre un 10% y un 40% de aquí a mediados de siglo en latitudes superiores y en ciertas áreas tropicales pluviales, incluidas ciertas áreas populosas del este y sureste de Asia, y disminuiría entre un 10% y un 30% en ciertas regiones secas de latitudes medias y en los trópicos secos, debido a la disminución de las lluvias y a unas tasas de evapotranspiración más altas. Hay también un *grado de confianza alto* en que numerosas áreas semiáridas (por ejemplo, la cuenca mediterránea, el oeste de Estados Unidos, el sur de África o el nordeste de Brasil) padecerán una disminución de sus recursos hídricos por efecto del cambio climático. Las áreas afectadas por sequías aumentarían en extensión, y ello podría repercutir negativamente en múltiples sectores: agricultura, suministro hídrico, producción de energía o salud. A nivel regional, la demanda de agua de riego aumentaría sustancialmente por efecto de los cambios climáticos. *{GTI 10.3, 11.2-11.9; GTII 3.4, 3.5, Figura 3.5, RT.4.1, Recuadro RT.5, RRP}*

Los impactos negativos del cambio climático sobre los sistemas de agua dulce contrarrestan con creces sus efectos beneficiosos (*grado de confianza alto*). En las extensiones en que disminuya la escorrentía podría disminuir el valor de los servicios proporcionados por los recursos hídricos (*grado de confianza muy alto*). En ciertas áreas, los impactos beneficiosos de una más abundante escorrentía anual estarían *probablemente* atenuados por los efectos negativos de una mayor variabilidad de las precipitaciones y de una alteración estacional de la escorrentía sobre el abastecimiento y calidad del agua y por un mayor riesgo de crecidas. *{GTII 3.4, 3.5, RT.4.1}*

Las investigaciones disponibles parecen indicar que aumentarán apreciablemente las precipitaciones de lluvia intensas en numerosas regiones, en algunas de las cuales disminuirán los valores medios de precipitación. El mayor riesgo de crecidas que ello supone plantearía problemas desde el punto de vista de la sociedad, de la infraestructura física y de la calidad del agua. Es *probable* que hasta un 20% de la población mundial llegue a habitar en áreas en que las crecidas aumenten posiblemente de aquí al decenio de 2080. Los aumentos de la frecuencia y gravedad de las crecidas y sequías afectarían negativamente el desarrollo sostenible. El aumento de las temperaturas afectaría también las propiedades físicas, químicas y biológicas de los lagos y ríos de agua dulce, y sus efectos sobre numerosas especies de agua dulce, sobre la composición de las comunidades y sobre la calidad del agua serían predominantemente adversos. En las áreas costeras, el aumento de nivel del mar agravaría las limitaciones de los recursos hídricos, debido a una mayor salinización de los suministros de agua subterránea. *{GTI 11.2-11.9; GTII 3.2, 3.3, 3.4, 4.4}*

**Proyecciones y concordancia de los modelos con respecto a los cambios relativos de la escorrentía de aquí al final del siglo XXI**

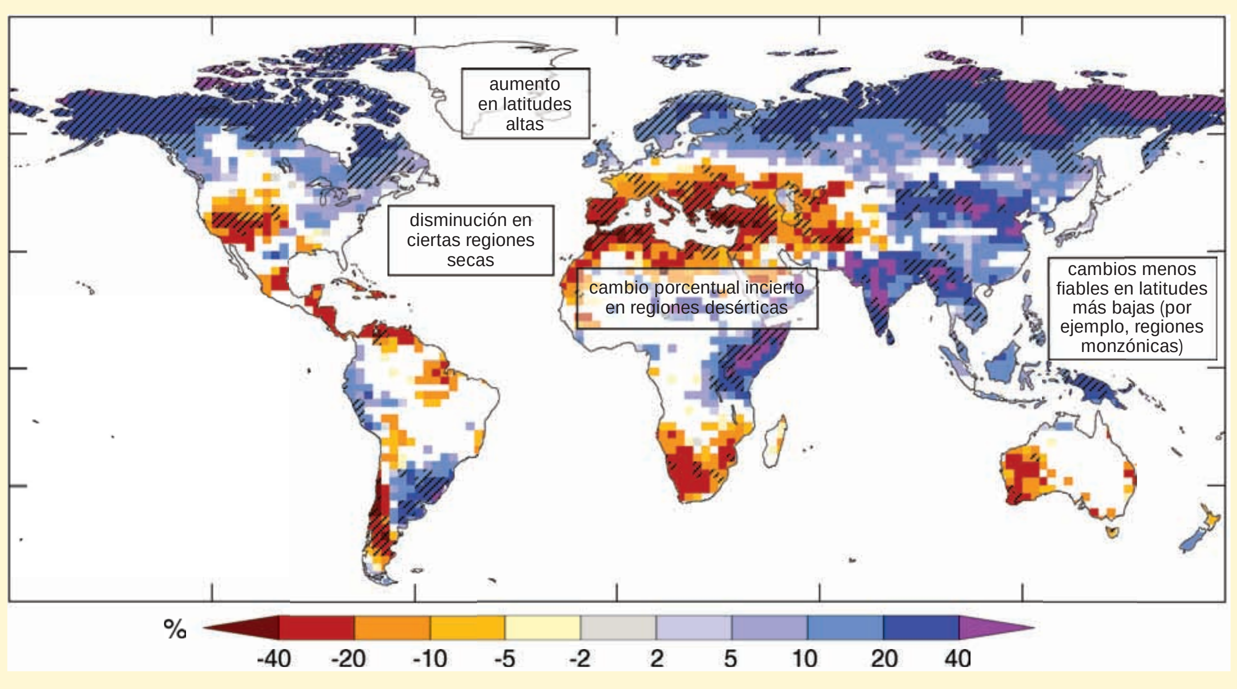



***Figura 3.5.*** *Cambios relativos de la escorrentía anual en gran escala (disponibilidad de agua, en valores porcentuales) para el período 2090-2099, respecto del período 1980-1999. Los valores representan la mediana de 12 modelos climáticos para el escenario A1B (IEEE). Las áreas en blanco denotan los lugares en que menos de un 66% de los doce modelos concuerdan en el signo del cambio, y las áreas estriadas, los lugares en que más de un 90% de los modelos coinciden en el signo del cambio. La calidad de la simulación de la escorrentía en gran escala observada durante el siglo XX se utiliza como punto de partida para seleccionar los doce modelos de la colección. El mapa mundial de la escorrentía anual es un ejemplo de aproximación en gran escala, y no implica conclusión alguna respecto de escalas temporales y espaciales más reducidas. En las regiones en que la lluvia y la escorrentía son muy escasas (por ejemplo, las áreas desérticas), pequeños cambios de la escorrentía pueden arrojar grandes cambios porcentuales. En algunas regiones, el signo de los cambios de escorrentía proyectados difiere de las tendencias recientemente observadas. En algunas áreas en que las proyecciones indican un aumento de la escorrentía se prevén efectos estacionales diversos, como un aumento de la escorrentía en las estaciones lluviosas o una disminución en las estaciones secas. Los estudios basados en un pequeño número de modelos climáticos pueden arrojar resultados muy diferentes de los aquí indicados. {GTII Figura 3.4, ajustado para adecuarse a los supuestos de la Figura IDS 3.3; GTII 3.3.1, 3.4.1, 3.5.1}*

beneficios no compensasen los efectos perjudiciales para la salud causados por el aumento de las temperaturas, especialmente en los países en desarrollo. *{GTII 8.4, 8.7, 8RE, RRP}*
- Tendrán una importancia decisiva ciertos factores que configuran la sanidad de las poblaciones, como la educación, la atención sanitaria, las iniciativas de salud pública o la infraestructura y el desarrollo económico. *{GTII 8.3, RRP}*

**Agua**

- Los impactos sobre el sector hídrico son trascendentales para todos los sectores y regiones. Aparecen descritos a continuación, en el recuadro “El cambio climático y el agua”.

**Los estudios realizados desde el TIE han permitido analizar más sistemáticamente la cronología y magnitud de los impactos vinculados a diferentes magnitudes y tasas de cambio climático.** *{GTII RRP}*

En la Figura 3.6 se ofrecen varios ejemplos de estos nuevos resultados, por sistemas y sectores. En el recuadro superior se indican los impactos cuya magnitud aumentaría con el cambio de temperatura. Su magnitud y cronología estimadas varían también en función del tipo de desarrollo (recuadro inferior). *{GTII RRP}*

Dependiendo de las circunstancias, algunos de los impactos señalados en la Figura 3.6 podrían estar asociados a “vulnerabilidades clave”, atendiendo a una serie de criterios publicados en artículos científicos (magnitud, cronología, persistencia/reversibilidad, potencial de adaptación, aspectos de distribución, verosimilitud e “importancia” de los impactos) (véase el Tema 5.2). *{GTII RRP}*

## 3.3.2 Impactos sobre las regiones[17]

**África**

- De aquí a 2020, padecerían un mayor estrés hídrico por efecto del cambio climático entre 75 y 250 millones de personas. *{GTII 9.4, RRP}*
- De aquí a 2020, el rendimiento de los cultivos agrícolas pluviales podría reducirse en hasta un 50% en algunos países. En muchos países de África la producción agrícola, y en particular el acceso a los alimentos, se verían gravemente amenazados. Ello haría aún más precaria la seguridad alimentaria y exacerbaría la malnutrición. *{GTII 9.4, RRP}*
- Hacia el final del siglo XXI, el aumento de nivel del mar afectaría a las áreas costeras bajas muy pobladas. El costo de la adaptación podría representar, como mínimo, entre un 5% y un 10% del PIB. *{GTII 9.4, RRP}*
- De aquí a 2080, se proyecta un aumento de entre un 5% y un 8% de las extensiones áridas y semiáridas de África para diversos escenarios climáticos (*grado de confianza alto*). *{GT II Recuadro RT.6, 9.4.4}*

**Asia**

- Hacia el decenio de 2050, la disponibilidad de agua dulce en el centro, sur, este y sureste de Asia disminuiría, particularmente en las grandes cuencas fluviales. *{GTII 10.4, RRP}*
- Las áreas costeras, especialmente los grandes deltas densamente poblados del sur, este y sureste de Asia, serían las regiones más amenazadas por un crecimiento de las inundaciones marinas y, en algunos casos, fluviales. *{GTII 10.4, RRP}*
- El cambio climático intensificaría la presión sobre los recursos naturales y el medio ambiente por efecto de un rápido proceso de urbanización, industrialización y desarrollo económico. *{GTII 10.4, RRP}*
- Aumentarían la morbilidad y la mortalidad endémicas por enfermedades diarreicas vinculadas principalmente a las inundaciones y sequías en el este, sur y sureste de Asia, si el ciclo hidrológico se alterase como indican las proyecciones. *{GTII 10.4, RRP}*

**Australia y Nueva Zelandia**

- De aquí a 2020, proyecciones indican una pérdida considerable de biodiversidad en algunos parajes de gran riqueza ecológica, como la Gran Barrera Coralina o los Trópicos Pluviales de Queensland. *{GTII 11.4, RRP}*
- De aquí a 2030, los problemas de seguridad hídrica se intensificarían en el sur y este de Australia y, en Nueva Zelandia, en la región de Northland y en ciertas regiones orientales. *{GTII 11.4, RRP}*
- De aquí a 2030, la producción agrícola y forestal disminuiría en gran parte del sur y este de Australia y en partes del este de Nueva Zelandia, por efecto de una mayor frecuencia de sequías e incendios. En Nueva Zelandia, sin embargo, los efectos en otras regiones serían inicialmente beneficiosos. *{GTII 11.4, RRP}*
- De aquí a 2050, la continuación del desarrollo costero y del crecimiento de la población en ciertas áreas de Australia y de Nueva Zelandia acrecentaría los riesgos asociados al aumento de nivel del mar y la gravedad y frecuencia de las tempestades e inundaciones costeras. *{GTII 11.4, RRP}*

**Europa**

- El cambio climático amplificaría las diferencias regionales entre los recursos y bienes naturales de Europa. Entre los impactos negativos, habría un mayor riesgo de crecida repentina en regiones interiores, una mayor frecuencia de inundaciones costeras, y una mayor erosión (debido a una mayor profusión de tempestades y a un aumento de nivel del mar). *{GTII 12.4, RRP}*
- En las áreas montañosas habrá una retracción de los glaciares, una disminución de la cubierta de nieve y del turismo invernal, y abundantes pérdidas de especies (en ciertas áreas, hasta un 60% de aquí a 2080 en escenarios de alto nivel de emisiones). *{GTII 12.4, RRP}*
- En el sur de Europa, el cambio climático agravaría las condiciones existentes (altas temperaturas y sequías) en una región ya de por sí vulnerable a la variabilidad climática, y reduciría la disponibilidad de agua, el potencial hidroeléctrico, el turismo estival, y la productividad de los cultivos en general. *{GTII 12.4, RRP}*
- El cambio climático agravaría también los riesgos para la salud por efecto de las olas de calor y de la frecuencia de incendios incontrolados. *{GTII 12.4, RRP}*

[17] A menos que se indique explícitamente, todas las afirmaciones proceden de textos del RRP del GT II, presentan un *grado de confianza muy alto* o *alto* y reflejan diferentes sectores (agricultura, ecosistemas, agua, costas, salud, industria y asentamientos). El RRP del GT II indica la fuente de las afirmaciones, de los plazos temporales y de las temperaturas. La magnitud y la cronología de los impactos que realmente sucedan variará en función de la magnitud y tasa del cambio climático, de los escenarios de emisión, de las vías de desarrollo y de la adaptación.

## Ejemplos de impactos asociados al cambio del promedio mundial de temperatura (los impactos variarán en función del grado de adaptación, de la tasa del cambio de temperatura y de la vía socioeconómica)

Cambio anual medio mundial de la temperatura respecto del período 1980-1999 (°C)

0 1 2 3 4 5 °C

| | | |
|---|---|---|
| **AGUA** | Mayor disponibilidad de agua en los trópicos húmedos y en latitudes altas | GTII 3.4.1, 3.4.3 |
| | Menor disponibilidad de agua y aumento de las sequías en latitudes medias y latitudes bajas semiáridas | 3.RE, 3.4.1, 3.4.3 |
| | Centenares de millones de personas expuestas a un mayor estrés hídrico | 3.5.1, T3.3, 20.6.2, RT.R5 |
| **ECOSISTEMAS** | Hasta un 30% de especies en mayor riesgo de extinción — Número apreciable† de extinciones en todo el mundo | 4.RE, 4.4.11 |
| | Aumento de decoloración de corales — Decoloración de mayoría de corales — Mortalidad generalizada de corales | T4.1, F4.4, R4.4, 6.4.1, 6.6.5, R6.1 |
| | La biosfera terrena tiende a constituir una fuente de carbono neta cuando: ~15% — ~40% de los ecosistemas están afectados | 4.RE, T4.1, F4.2, F4.4 |
| | Aumentan el desplazamiento geográfico de especies y el riesgo de incendios incontrolados | 4.2.2, 4.4.1, 4.4.4, 4.4.5, 4.4.6, 4.4.10, R4.5 |
| | Cambios en los ecosistemas debido al debilitamiento de la circulación de renuevo meridional | 19.3.5 |
| **ALIMENTOS** | Impactos negativos complejos y localizados sobre pequeños propietarios, agricultores y pescadores de subsistencia | 5.RE, 5.4.7 |
| | Tendencia descendente de la productividad cerealera en latitudes bajas — La productividad de todos los cereales disminuye en latitudes bajas | 5.RE, 5.4.2, F5.2 |
| | En algún caso, la productividad cerealera aumenta en latitudes medias a altas — La productividad cerealera disminuye en algunas regiones | 5.RE, 5.4.2, F5.2 |
| **COSTAS** | Aumento de daños de crecidas y tempestades | 6.RE, 6.3.2, 6.4.1, 6.4.2 |
| | Pérdida de un 30% mundial aprox. de humedales costeros‡ | 6.4.1 |
| | Millones de personas más podrían padecer inundaciones costeras cada año | T6.6, F6.8, RE.R5 |
| **SALUD** | Aumento de la carga de malnutrición y de enfermedades diarréicas, cardiorrespiratorias e infecciosas | 8.RE, 8.4.1, 8.7, T8.2, T8.4 |
| | Mayor morbilidad y mortalidad por olas de calor, crecidas y sequías | 8.RE, 8.2.2, 8.2.3, 8.4.1, 8.4.2, 8.7, T8.3, F8.3 |
| | Cambio de la distribución de algunos vectores de enfermedades | 8.RE, 8.2.8, 8.7, R8.4 |
| | Carga sustancial para los servicios de salud | 8.6.1 |

0 1 2 3 4 5 °C

† Se entiende por 'apreciable' más de un 40%. ‡ Basado en la tasa promedio de aumento de nivel del mar, es decir, 4,2 mm/año entre 2000 y 2080.

**Calentamiento hasta 2090-2099 respecto de 1980-1999 con escenarios sin mitigación**

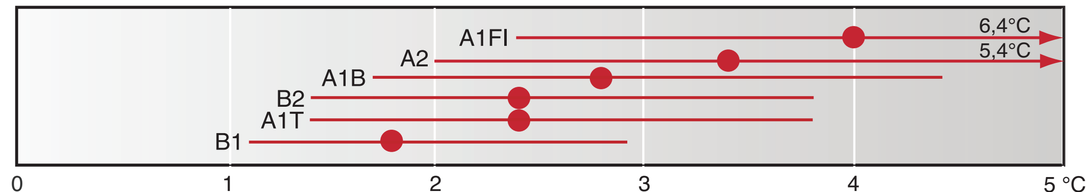



***Figura 3.6.*** *Ejemplos de impactos asociados al cambio del promedio mundial de temperatura.* ***Cuadro superior:*** *Ejemplos de impactos mundiales proyectados para cambios climáticos (y de nivel del mar y del $CO_2$ atmosférico, cuando corresponda) asociados a diferentes magnitudes de aumento del promedio mundial de la temperatura superficial durante el siglo XXI. Las líneas negras conectan impactos; las flechas de trazos indican impactos que prosiguen con el aumento de la temperatura. En la parte izquierda del texto se indica el nivel aproximado de calentamiento asociado a la aparición de un impacto dado. Los datos cuantitativos sobre escasez de agua y sobre crecidas representan los impactos adicionales de un cambio climático con respecto a las condiciones proyectadas para toda la horquilla de escenarios A1FI, A2, B1 y B2 (IEEE). En estas estimaciones no se ha incluido la adaptación al cambio climático. El grado de confianza es, en todos los casos,* alto. *En el cuadro superior derecho se indican las referencias del GT II que fundamentan las afirmaciones del cuadro superior izquierdo.** ***Cuadro inferior:*** *los puntos y las barras indican la estimación óptima y los intervalos* probables *de calentamiento evaluados para los seis escenarios testimoniales IEEE para el período 2090-2099 respecto del período 1980-1999. {GTI Figura RRP.5, 10.7; GTII Figura RRP.2; GTIII Tabla RT.2, Tabla 3.10}*

**Donde RE = Resumen ejecutivo, T = Tabla, R = Recuadro y F = Figura. Así, R4.5 denota el Recuadro 4.5 del Capítulo 4, y 3.5.1 denota la Sección 3.5.1 del Capítulo 3.*

**América Latina**

- Hacia la mitad del siglo, los aumentos de temperatura y, por consiguiente, la disminución del agua en los suelos darían lugar a una sustitución gradual de los bosque tropicales por las sabanas en el este de la Amazonia. La vegetación semiárida sería progresivamente sustituida por vegetación de tierras áridas. *{GTII 13.4, RRP}*
- Podrían producirse pérdidas importantes de biodiversidad debido a la extinción de especies en numerosas áreas de la América Latina tropical. *{GTII 13.4, RRP}*
- La productividad de ciertos cultivos importantes disminuiría, así como la productividad pecuaria, con consecuencias adversas para la seguridad alimentaria. En las zonas templadas aumentaría el rendimiento de los cultivos de haba de soja. En conjunto, aumentaría el número de personas amenazadas de hambre (*grado de confianza medio*). *{GTII 13.4, Recuadro RT.6}*
- Los cambios en las pautas de precipitación y la desaparición de los glaciares afectarían seriamente la disponibilidad de agua para el consumo humano, para la agricultura y para la generación de energía. *{GTII 13.4, RRP}*

**América del Norte**

- En las montañas occidentales, el calentamiento reduciría los bancos de nieve, incrementaría las crecidas invernales y reduciría los flujos estivales, intensificando la competición por unos recursos hídricos excesivamente solicitados. *{GTII 14.4, RRP}*
- En los primeros decenios del siglo, un cambio climático moderado mejoraría el rendimiento total de los cultivos fluviales en entre un 5 y un 20%, aunque con una importante variabilidad entre regiones. Experimentarían graves dificultades los cultivos situados cerca del extremo cálido de su ámbito geográfico idóneo o que dependan de unos recursos hídricos muy solicitados. *{GTII 14.4 RRP}*
- En las ciudades que padecen olas de calor, estas aumentarían en número, intensidad y duración a lo largo del siglo, ocasionando posiblemente efectos adversos sobre la salud. *{GTII 14.4 RRP}*
- Las comunidades y hábitats costeros se verán cada vez más acuciados por los impactos del cambio climático añadidos al desarrollo y a la polución. *{GTII 14.4 RRP}*

**Regiones Polares**

- Los principales efectos biofísicos consistirían en una reducción del espesor y extensión de los glaciares, mantos de hielo y hielos marinos, y en alteraciones de los ecosistemas naturales, con efectos perjudiciales para numerosos organismos, como las aves migratorias, los mamíferos o los predadores superiores. *{GTII 15.4, RRP}*
- Para las comunidades humanas de la región ártica, los impactos, particularmente los resultantes de los cambios en las nieves y hielos, serían solo parcialmente beneficiosos. *{GTII 15.4, RRP}*
- Algunos de los impactos perjudiciales recaerían sobre las infraestructuras y sobre las formas de vida tradicionales de los pueblos indígenas. *{GTII 15.4, RRP}*
- En ambas regiones polares, determinados ecosistemas y hábitats se harían vulnerables, al disminuir los obstáculos climáticos a la invasión de especies. *{GTII 15.4, RRP}*

**Islas Pequeñas**

- El aumento de nivel del mar podría acrecentar las inundaciones, las mareas de tempestad, la erosión y otros fenómenos costeros peligrosos, amenazando así las infraestructuras, asentamientos e instalaciones esenciales que sustentan los medios de subsistencia de las comunidades insulares . *{GTII 16.4, RRP}*
- El deterioro de las condiciones en las costas como consecuencia, por ejemplo, de la erosión de las playas o de la decoloración de los corales afectaría los recursos locales. *{GTII 16.4, RRP}*
- Hacia mediados del siglo, el cambio climático haría disminuir los recursos hídricos en gran número de islas pequeñas, por ejemplo, del Caribe o del Pacífico, hasta el punto de no ser ya suficientes para cubrir la demanda durante períodos de precipitación escasa. *{GTII 16.4, RRP}*
- Con el aumento de las temperaturas aumentarían las invasiones de especies no nativas, particularmente en islas de latitudes medias y altas. *{GTII 16.4, RRP}*

### 3.3.3 Sistemas, sectores y regiones especialmente afectados

**Algunos sistemas, sectores y regiones resultarían, *probablemente*, más afectados que otros por el cambio climático.[18] *{GTII RT.4.5}***

Sistemas y sectores: *{GTII RT.4.5}*

- ecosistemas:
  - terrestres: tundras, bosques boreales y regiones montañosas, que son sensibles al calentamiento; ecosistemas de tipo mediterráneo, en que se reducirían las precipitaciones de lluvia; y bosques pluviales tropicales, en los que disminuiría la precipitación
  - costeros: manglares y marismas, que acusarían múltiples efectos de estrés
  - marinos: arrecifes de coral, que acusarían múltiples efectos de estrés; el bioma de los hielos marinos, que es sensible al calentamiento
- los recursos hídricos en ciertas regiones secas de latitudes medias[19] y en los trópicos secos, donde se alterarían las precipitaciones de lluvia y la evapotranspiración, y en áreas que dependen de la fusión de la nieve y del hielo
- la agricultura en latitudes bajas, en que disminuiría la disponibilidad de agua
- los sistemas costeros bajos, en que podría aumentar el nivel del mar y habría un mayor riesgo de fenómenos meteorológicos extremos
- la salud humana, en poblaciones con escasa capacidad adaptativa

Regiones: *{GTII RT.4.5}*

- el Ártico, cuyos sistemas naturales y comunidades humanas padecerían los efectos de una alta tasa de calentamiento
- África, cuya capacidad adaptativa es escasa y donde se harían sentir los impactos del cambio climático
- las islas pequeñas, cuya población e infraestructuras estarían muy expuestas a los impactos del cambio climático
- los grandes deltas de Asia y de África, que dan cabida a grandes masas de población y están muy expuestos al aumento de nivel del mar, a las mareas de tempestad y a las crecidas

[18] Identificado con base en una valoración por expertos de las publicaciones científicas examinadas, considerando la magnitud, la cronología y la tasa proyectada del cambio climático, la sensibilidad, y la capacidad adaptativa.

[19] Incluidas las regiones áridas y semiáridas.

En otras áreas, incluso con niveles de ingresos altos, ciertas personas (por ejemplo, los menesterosos, los niños o los ancianos) pueden estar particularmente en peligro, así como ciertas áreas y actividades. *{GTII 7.1, 7.2, 7.4, 8.2, 8.4, RT.4.5}*

### 3.3.4 Acidificación del océano

La incorporación de carbono antropógeno acaecida desde 1750 ha incrementado la acidez del océano, cuyo pH ha disminuido en 0,1 unidades, en promedio. El aumento de las concentraciones de $CO_2$ en la atmósfera intensifica ese proceso. Diversas proyecciones basadas en escenarios IEEE arrojan una reducción del promedio mundial del pH en la superficie del océano de entre 0,14 y 0,35 unidades durante el siglo XXI. Aunque no están documentados todavía los efectos de la observada acidificación del océano sobre la biosfera marina, una acidificación progresiva de los océanos afectaría negativamente los organismos marinos formadores de caparazón (por ejemplo, los corales) y a las especies que dependen de ellos. *{GTI RRP; GTII RRP}*

### 3.3.5 Episodios extremos

**La alteración de la frecuencia e intensidad de los estados atmosféricos extremos, juntamente con el aumento de nivel del mar, tendrían efectos mayormente adversos sobre los sistemas humanos (Tabla 3.2).** ***{GTII RRP}***

En la Tabla 3.2 se recogen varios ejemplos de fenómenos extremos, por sectores.

## 3.4 Riesgo de cambios abruptos o irreversibles

**El calentamiento antropógeno podría dar lugar a efectos abruptos o irreversibles, en función de la tasa y magnitud del cambio climático proyectado.** ***{GTII 12.6, 19.3, 19.4, RRP}***

A escalas de tiempo decenales, se suele considerar que un cambio climático abrupto está asociado a cambios en la circulación oceánica. Además, a escalas de tiempo superiores, los cambios del manto de hielo y de los ecosistemas podrían desempeñar también algún papel. Si llegase a acaecer un cambio climático abrupto en gran escala, sus efectos podrían ser de gran magnitud (véase el Tema 5.2). *{GTI 8.7, 10.3, 10.7; GTII 4.4, 19.3}*

La pérdida parcial de los mantos de hielo en tierras polares y/o la dilatación térmica del agua marina podría ocasionar, a escalas de tiempo muy prolongadas, aumentos de nivel del mar de varios metros, importantes alteraciones de las líneas costeras e inundaciones en extensiones bajas, y sus efectos serían máximos en los deltas pluviales e islas bajas. Los modelos actuales indican que esos cambios tendrían lugar en escalas de tiempo muy prolongadas (milenios) si subsistiera un aumento de la temperatura mundial de entre 1,9 y 4,6°C (con respecto a la era preindustrial). No hay que excluir aumentos rápidos de nivel del mar a escalas de tiempo seculares. *{IDS 3.2.3; GTI 6.4, 10.7; GTII 19.3, RRP}*

El cambio climático acarreará *probablemente* algunos efectos irreversibles. Con un *grado de confianza medio*, entre un 20% y un 30% aproximadamente de las especies estudiadas hasta la fecha estarían *probablemente* expuestas a un mayor riesgo de extinción si el aumento del calentamiento mundial excediese, en promedio, de entre 1,5 y 2,5°C (respecto del período 1980-1999). De sobrepasar los 3,5°C, proyecciones de los modelos predicen un nivel de extinciones cuantioso (entre un 40% y un 70% de las especies consideradas) en todo el mundo. *{GTII 4.4, Figura RRP.2}*

Las actuales simulaciones mediante modelos indican que es *muy probable* que la circulación de renuevo meridional (CRM) del Océano Atlántico se desacelere durante el siglo XXI; las temperaturas de esa región, pese a todo, aumentarían. *Es muy improbable* que la CRM experimente una fuerte transición abrupta durante el siglo XXI. No es posible evaluar con un grado de confianza suficiente los cambios de la CRM a más largo plazo. *{GTI 10.3, 10.7; GTII Figura, Tabla RT.5, RRP.2}*

Los impactos de gran escala y los cambios persistentes de la CRM alterarán *probablemente* la productividad de los ecosistemas marinos, las pesquerías, la incorporación de $CO_2$ por el océano, las concentraciones de oxígeno en el océano y la vegetación terrestre. Las alteraciones de la incorporación de $CO_2$ por la tierra y por el océano podrían producir un retroefecto sobre el sistema climático. *{GTII 12.6, 19.3, Figura RRP.2}*

***Tabla 3.2.*** *Ejemplos de posibles impactos del cambio climático por efecto de la alteración de los fenómenos atmosféricos y climáticos extremos,con base en proyecciones que abarcan hasta mediados-finales del siglo XXI. Estos ejemplos no contemplan ningún cambio o novedad con respecto a la capacidad adaptativa. Las estimaciones de probabilidad de la columna 2 corresponden a los fenómenos indicados en la columna 1. {GTII Tabla RRP.1}*

| Fenómenos[a] y dirección de las tendencias | Probabilidad de las tendencias futuras (proyecciones siglo XXI, escenarios IEEE) | Ejemplos de impactos importantes proyectados, por sectores | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Agricultura, silvicultura y ecosistemas *{GTII 4.4, 5.4}* | Recursos hídricos *{GTII 3.4}* | Salud humana *{GTII 8.2, 8.4}* | Industria, asentamientos y sociedad *{GTII 7.4}* |
| En la mayoría de las áreas terrestres, días y noches fríos más templados y más escasos, días y noches cálidos más cálidos y más frecuentes | *Virtualmente cierto*[b] | Aumento del rendimiento en entornos más fríos; disminución en entornos más cálidos; aumento de plagas | Efectos sobre los recursos hídricos dependientes de la nieve fundida; efectos sobre ciertos suministros hídricos | Disminución de la mortalidad humana por menor exposición al frío | Disminución de la demanda de energía para calefacción; aumento de la demanda de refrigeración; deterioro de la calidad del aire en las ciudades; menores trastornos en los transportes debidos a la nieve o al hielo; efectos sobre el turismo de invierno |
| Períodos cálidos/olas de calor. Aumento de la frecuencia en la mayoría de las extensiones terrestres | *Muy probable* | Menor rendimiento en regiones más templadas por efecto del estrés térmico; mayor peligro de incendios incontrolados | Aumento de la demanda hídrica; problemas de calidad del agua; por ejemplo, floración de algas | Mayor riesgo de mortalidad por efecto del calor, especialmente para los ancianos, los enfermos crónicos, los más pequeños y los que viven en aislamiento | Menor calidad de vida de las personas que habitan en áreas cálidas sin una vivienda adecuada; impactos sobre los ancianos, los pequeños y los pobres |

***Tabla 3.2.*** *(Cont.)*

***Tabla 3.2.*** *Continuación*

| Fenómenos[a] y dirección de las tendencias | Probabilidad de las tendencias futuras (proyecciones siglo XXI, escenarios IEEE) | Ejemplos de impactos importantes proyectados, por sectores | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Agricultura, silvicultura y ecosistemas *{GTII 4.4, 5.4}* | Recursos hídricos *{GTII 3.4}* | Salud humana *{GTII 8.2, 8.4}* | Industria, asentamientos y sociedad *{GTII 7.4}* |
| Episodios de precipitación intensa. Aumento de la frecuencia en la mayoría de las áreas | *Muy probable* | Daños a los cultivos; erosión del suelo, imposibilidad de cultivar tierras por anegamiento de los suelos | Efectos adversos sobre la calidad del agua superficial y oceánica; contaminación de los suministros hídricos; posiblemente, menor escasez de agua | Mayor riesgo de defunciones, lesiones y enfermedades infecciosas, respiratorias y dérmicas | Alteraciones de los asentamientos, del comercio, del transporte y de las sociedades por efecto de las crecidas: presiones sobre las infraestructuras urbanas y rurales; pérdida de bienes |
| Área afectada por el aumento de las sequías | *Probable* | Degradación de la tierra; disminución de los rendimientos/daños a los cultivos e inhabilitación de los cultivos; más cabezas de ganado muertas; mayores riesgos de incendios incontrolados | Mayor extensión del estrés hídrico | Mayor riesgo de escasez de alimentos y de agua; mayores riesgos de malnutrición; mayor riesgo de enfermedades transmitidas por el agua y por los alimentos | Escasez de agua para asentamientos, industrias y sociedades; menor potencial de generación hidroeléctrica; posibles migraciones de la población |
| Aumento de la actividad de los ciclones tropicales intensos | *Probable* | Daños a los cultivos; árboles descuajados por el viento; daños a los arrecifes de coral | Interrupciones del suministro eléctrico que alteran el abastecimiento de agua para la población | Mayor riesgo de defunciones, lesiones, enfermedades transmitidas por el agua y por los alimentos; trastornos de estrés postraumático | Trastornos causados por crecidas y vientos fuertes; denegación de seguros por aseguradoras privadas en áreas vulnerables; posibilidad de migraciones de la población; pérdida de bienes |
| Mayor incidencia de valores extremos de aumento de nivel del mar (excluidos los tsunamis)[c] | *Probable[d]* | Salinización del agua de riego, de los estuarios y de los sistemas de agua dulce | Menor disponibilidad de agua dulce por intrusión de agua salada | Mayor riesgo de defunciones y de lesiones por ahogamiento a causa de crecidas; efectos de las migraciones sobre la salud | Costos de protección costera, comparados con los costos de reubicación de los usos de la tierra; posibles desplazamientos de poblaciones y de infraestructura; véase también el apartado precedente sobre ciclones tropicales |

Notas:
a) Véase la Tabla 3.7 del GTI para una más extensa información sobre las definiciones.
b) Calentamiento de los días y noches más extremos de cada año.
c) Los valores extremos de elevación de nivel del mar dependen del promedio de nivel del mar y de los sistemas atmosféricos regionales. Se definen como el 1% más alto de los valores horarios de nivel del mar observado en una estación para un período de referencia dado.
d) En todos los escenarios, el valor proyectado del promedio mundial de nivel del mar en 2100 es más alto que en el período de referencia. No se ha evaluado el efecto de los sistemas atmosféricos regionales sobre los valores extremos de nivel del mar. *{GTI 10.6}*

# 4

# Opciones y respuestas de adaptación y de mitigación, y sus interrelaciones con el desarrollo sostenible a nivel mundial y regional

## 4.1 Respuestas al cambio climático

Las sociedades pueden responder al cambio climático adaptándose a sus impactos y reduciendo las emisiones de GEI (mitigación), reduciendo con ello la tasa y magnitud del cambio. En el presente Tema se abordan las opciones de adaptación y mitigación que podrían ponerse en práctica en los próximos dos o tres decenios, y sus interrelaciones con el desarrollo sostenible. Estas respuestas pueden ser complementarias. En el Tema 5 se examinan sus roles complementarios en términos más conceptuales y en un marco temporal más prolongado.

La capacidad para adaptarse y para atenuar los efectos del cambio depende de las circunstancias socioeconómicas y medioambientales y de la disponibilidad de información y de tecnología[20]. Sin embargo, se dispone de mucha menos información acerca de los costos y de la efectividad de las medidas de adaptación que acerca de las medidas de mitigación. *{GTII 17.1, 17.3; GTIII 1.2}*

## 4.2 Opciones de adaptación

**La adaptación puede reducir la vulnerabilidad, tanto a corto como a largo plazo.** ***{GTII 17.2, 18.1, 18.5, 20.3, 20.8}***

La vulnerabilidad al cambio climático puede acentuarse por efecto de otros factores de estrés. Estos pueden ser, por ejemplo, fenómenos climáticos peligrosos, pobreza, acceso desigual a los recursos, inseguridad alimentaria, tendencias de la globalización económica, conflictos, o incidencia de enfermedades tales como el VIH/SIDA. *{GTII 7.2, 7.4, 8.3, 17.3, 20.3, 20.4, 20.7, RRP}*

Desde antiguo, las sociedades de todo el mundo vienen adaptándose y reduciendo su vulnerabilidad a los impactos de fenómenos atmosféricos y climáticos tales como las crecidas, las sequías o las tempestades. No obstante, serán necesarias medidas de adaptación adicionales a nivel regional y local para reducir los impactos adversos del cambio y variabilidad climáticos proyectados, con independencia de la escala de las medidas de mitigación que se adopten en los próximos dos o tres decenios. Con todo, no es de prever que la adaptación, por sí sola, permita hacer frente a todos los efectos del cambio climático proyectados, especialmente a largo plazo, ya que en la mayoría de los casos la magnitud de sus impactos va en aumento. *{GTII 17.2, RRP; GTIII 1.2}*

Existen opciones de adaptación de muy diversa índole, pero para reducir la vulnerabilidad al cambio climático será necesario ampliar el alcance de las medidas que actualmente se adoptan. Existen obstáculos, límites y costos todavía insuficientemente conocidos. Se están adoptando ya algunas medidas de adaptación planificada, de alcance limitado. En la Tabla 4.1 se ofrecen varios ejemplos al respecto, por sectores. Muchas de las iniciativas de adaptación responden a múltiples razones, como el desarrollo económico o la atenuación de la pobreza, y están enmarcadas en iniciativas más amplias de planificación del desarrollo o de ámbito sectorial, regional o local, como la planificación de los recursos hídricos, la protección de las costas o las estrategias de reducción de riesgos de desastre. Ejemplos de ello son el Plan nacional de gestión hídrica de Bangladesh, o los planes de protección costera de los Países Bajos y Noruega, que incorporan determinados escenarios de cambio climático. *{GTII 1.3, 5.5.2, 11.6, 17.2}*

No existen muchas estimaciones detalladas de los costos y beneficios de la adaptación a nivel mundial. Son cada vez más, sin embargo, las estimaciones de los costos y beneficios de la adaptación, a nivel de región y de proyecto, para hacer frente a los impactos en determinados sectores: agricultura, demanda de energía para calefacción y refrigeración, o gestión e infraestructura de los recursos hídricos. Sobre la base de esos estudios, existen, con un *grado de confianza alto*, opciones de adaptación viables que sería posible aplicar en algunos de esos sectores, a un bajo costo y/o con una alta relación beneficio/costo. Investigaciones empíricas parecen indicar también que podrían conseguirse relaciones beneficio/costo superiores aplicando tempranamente algunas medidas de adaptación, en lugar de reforzar infraestructuras anticuadas en fechas posteriores. *{GTII 17.2}*

**La capacidad adaptativa está íntimamente conectada con el desarrollo social y económico, pero no se distribuye por igual entre las sociedades ni en el seno de éstas.** ***{GTII 7.1, 7.2, 7.4, 17.3}***

La capacidad para adaptarse es dinámica, y en ella influye la base productiva de la sociedad, en particular, los bienes de capital naturales y artificiales, las redes y prestaciones sociales, el capital humano y las instituciones, la gobernanza, los ingresos nacionales, la salud y la tecnología. Influyen también en ella una multiplicidad de factores de estrés climáticos y no climáticos, así como las políticas de desarrollo. *{GTII 17.3}*

Estudios recientes reafirman la conclusión del TIE de que la adaptación será esencial y beneficiosa. Sin embargo, limitaciones de orden financiero, tecnológico, cognitivo, comportamental, político, social, institucional y cultural limitan tanto la aplicabilidad como la efectividad de las medidas de adaptación. Incluso sociedades con una alta capacidad adaptativa son, pese a todo, vulnerables al cambio climático, a la variabilidad y a los extremos climáticos. Así, en 2003, una ola de calor dejó a su paso unas cifras de mortalidad elevadas en varias ciudades europeas (especialmente entre la población más anciana), y en 2005 el huracán Katrina acarreó importantes costos humanos y financieros en los Estados Unidos. *{GTII 7.4, 8.2, 17.4}*

[20] Se define la tecnología como la aplicación práctica de conocimientos para realizar determinadas tareas que hacen uso de artefactos técnicos (material informático, equipo) y de información (social) (*software*, conocimientos prácticos para la producción y utilización de artefactos).

***Tabla 4.1.*** *Ejemplos escogidos de adaptación planificada, por sectores.*

| Sector | Opción/estrategia de adaptación | Marco de políticas básico | Limitaciones y oportunidades más importantes con respecto a la aplicación (fuente normal = limitaciones; *cursiva = oportunidades*) |
|---|---|---|---|
| **Agua** {GTII, 5.5, 16.4; Tablas 3.5, 11.6,17.1} | Extensión de la recogida de agua de lluvia; técnicas de almacenamiento y conservación de agua; reutilización del agua; desalación; eficiencia en el uso del agua y de la irrigación. | Políticas hídricas nacionales y gestión integrada de los recursos hídricos; gestión de fenómenos peligrosos relacionados con el agua. | Recursos financieros y humanos, y obstáculos físicos; *gestión integrada de recursos hídricos; sinergias con otros sectores.* |
| **Agricultura** {GTII 10.5, 13.5; Tabla 10.8} | Ajuste de las fechas de plantación y de las variedades de cultivo; reubicación de cultivos; mejora de la gestión de la tierra (por ejemplo, control de la erosión, o protección de los suelos mediante plantación de árboles). | Políticas de I+D; reforma institucional; tenencia y reforma de la tierra; formación; creación de capacidad; aseguramiento de cultivos; incentivos financieros (por ejemplo, subvenciones o créditos fiscales). | Limitaciones tecnológicas y financieras; acceso a nuevas variedades; mercados; *prolongación de la estación de cultivo en latitudes superiores; ingresos por productos "nuevos".* |
| **Infraestructura para asentamientos (incluidas las zonas costeras)** GTII 3.6, 11.4; Tablas 6.11, 17.1} | Reubicación; muros de contención costera y defensas frente a las mareas de tempestad; reforzamiento de dunas; adquisición de tierra y creación de marismas/humedales para amortiguar el aumento de nivel del mar y las inundaciones; protección de los obstáculos naturales existentes. | Normas y reglamentaciones que integren en el diseño consideraciones relativas al cambio climático; políticas de uso de la tierra; ordenanzas de edificación; seguros. | Obstáculos financieros y tecnológicos; disponibilidad de espacio para la reubicación*; políticas y gestión integradas; sinergias con metas de desarrollo sostenible.* |
| **Salud humana** {GTII 14.5, Tabla 10.8} | Planes de acción calor-salud; servicios médicos de emergencia; mejora de la vigilancia y control de las enfermedades sensibles al clima; agua salubre y mejora de los saneamientos. | Políticas de salud publica que tengan presentes los riesgos climáticos; reforzamiento de los servicios de salud; cooperación regional e internacional. | Límites de la tolerancia humana (grupos vulnerables); limitaciones de los conocimientos; capacidad financiera; *mejora de los servicios de salud; mejora de la calidad de vida.* |
| **Turismo** {GTII 12.5, 15.5, 17.5; Tabla 17.1} | Diversificación de las atracciones y fuentes de ingresos turísticos; desplazamiento de las pendientes de esquí a parajes de mayor altitud y a glaciares; fabricación de nieve artificial. | Planificación integrada (por ejemplo, de la capacidad máxima, o mediante vinculación con otros sectores); incentivos financieros (por ejemplo, subvenciones y créditos fiscales). | Atractivo/comercialización de nuevas atracciones; desafíos financieros y logísticos; impacto potencialmente negativo sobre otros sectores (por ejemplo, la fabricación de nieve artificial puede intensificar la utilización de energía); *ingresos procedentes de "nuevas" atracciones; participación de un grupo más amplio de partes interesadas.* |
| **Transporte** {GTII 7.6, 17.2} | Nuevos trazados/reubicación; normas de diseño y planificación de carreteras, ferrocarriles y otras infraestructuras para hacer frente al calentamiento y al drenado de suelos. | Integración del cambio climático en las políticas nacionales de transporte; inversión en I+D en situaciones especiales (por ejemplo, en regiones de permafrost). | Obstáculos financieros y tecnológicos; disponibilidad de rutas menos vulnerables; *mejora de las tecnologías e integración con sectores clave (por ejemplo, energía).* |
| **Energía** {GTII 7.4, 16.2} | Reforzamiento de la estructura de transmisión y distribución aérea; cableado subterráneo para servicios públicos básicos; eficiencia energética; utilización de fuentes renovables; menor dependencia de fuentes de energía únicas. | Políticas energéticas nacionales, reglamentaciones e incentivos fiscales y financieros para alentar la utilización de fuentes alternativas; incorporación del cambio climático en las normas de diseño. | Acceso a alternativas viables; obstáculos financieros y tecnológicos; aceptación de nuevas tecnologías; *estimulación de nuevas tecnologías; utilización de recursos locales.* |

Nota: Otros ejemplos en numerosos sectores incluirían sistemas de aviso temprano.

## 4.3 Opciones de mitigación

**Diversos estudios[21], tanto de planteamiento ascendente como descendente, indican que hay un *alto nivel de coincidencia* y *abundante evidencia* de que hay un potencial económico[21] sustancial de mitigación de las emisiones de GEI mundiales en los próximos decenios, que podrían compensar el crecimiento proyectado de las emisiones mundiales o reducir las emisiones por debajo de los niveles actuales.** ***{GTIII 11.3, RRP}***

En la Figura 4.1 se compara el potencial de mitigación económico mundial en 2030 con el aumento proyectado de las emisiones entre 2000 y 2030. Estudios de planteamiento ascendente parecen indicar que hay oportunidades de mitigación de costo negativo neto[22] que podrían reducir las emisiones en aproximadamente 6 $GtCO_2$-eq/año de aquí a 2030. Para ello, sería necesario hacer frente a los obstáculos prácticos. El potencial de mitigación económico, que suele ser más alto que el potencial de mitigación de mercado, solo puede materializarse implantando políticas adecuadas y eliminando los obstáculos.[21] *{GTIII 11.3, RRP}*

En la Figura 4.2 se representan varias estimaciones sectoriales del potencial de mitigación económico y de los costos marginales obtenidos de estudios de planteamiento ascendente, corregidos para eliminar la contabilización por duplicado del potencial de mitigación. Aunque los estudios de planteamiento descendente y los de planteamiento ascendente concuerdan a nivel mundial, hay considerables diferencias a nivel sectorial. *{GTIII 11.3, RRP}*

No existe una única tecnología que pueda proporcionar todo el potencial de mitigación en ninguno de los sectores. En la Tabla 4.2 se enumeran algunos ejemplos de tecnologías clave, políticas, limitaciones y oportunidades, por sectores. *{GTIII RRP}*

Las decisiones futuras de inversión en infraestructura energética, que previsiblemente totalizarán más de USD 20 billones[23] entre 2005 y 2030, tendrán un impacto duradero sobre las emisiones de GEI, debido a los largos períodos de vida de las centrales de energía y de otros tipos de capital de infraestructura. La difusión de las tecnologías de bajo contenido de carbono podría alargarse durante muchos decenios, aun cuando una pronta inversión en esas tecnologías resultase atractiva. Las estimaciones iniciales indican que para retornar, de aquí a 2030, a los niveles mundiales de 2005

**Comparación entre el potencial de mitigación económico mundial y el aumento de las emisiones proyectado para 2030**

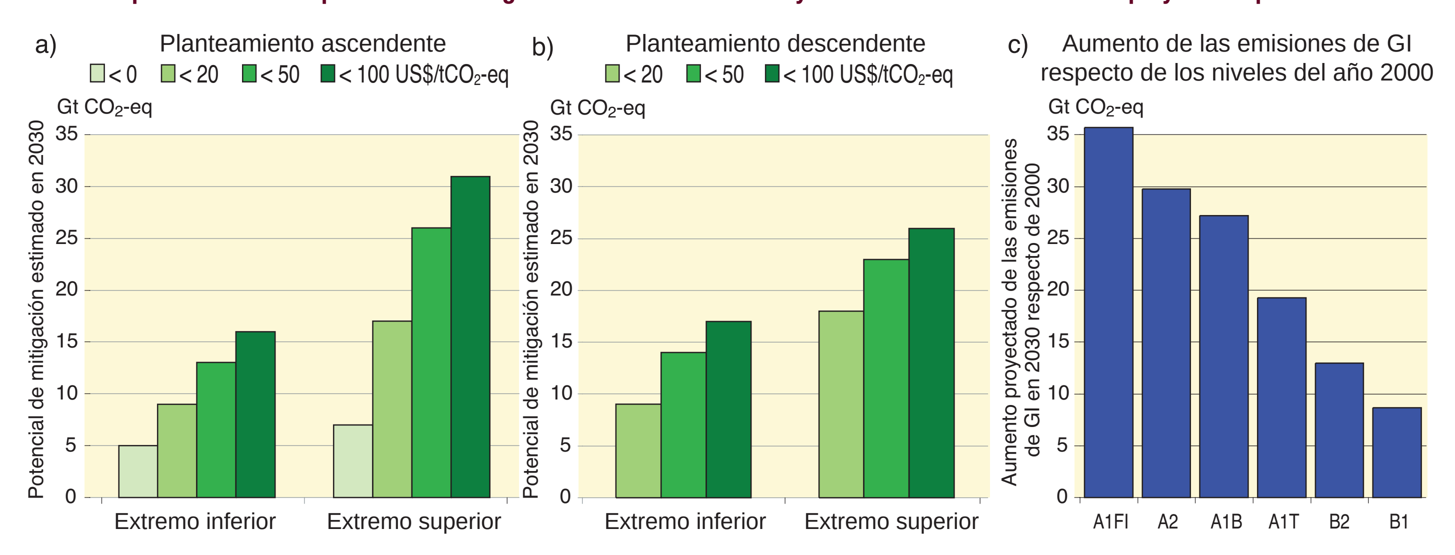



***Figura 4.1.*** *Potencial de mitigación económico mundial en 2030 estimado sobre la base de estudios de planteamiento ascendente (gráfica a) y descendente (gráfica b), comparado con los aumentos de emisiones proyectados para escenarios IEEE respecto de las emisiones de GEI en 2000, cifradas en 40,8 $GtCO_2$-eq (gráfica c). Nota: las emisiones de GEI correspondientes al año 2000 excluyen las emisiones por descomposición de la biomasa que permanece en el suelo tras la tala y deforestación, y de los incendios de turba y suelos de turba drenados, a fin de mantener la concordancia con los resultados de las emisiones IEEE. {GTIII Figuras RRP.4, RRP.5a, RRP.5b}*

[21] El concepto de "potencial de mitigación" ha sido desarrollado para evaluar la escala de reducciones de GEI que podría conseguirse, respecto de los niveles de referencia de emisión, para un nivel dado de precio por carbono (expresado en el costo unitario de las emisiones de dióxido de carbono-equivalente evitadas o reducidas). El potencial de mitigación se clasifica en "potencial de mitigación del mercado" y "potencial de mitigación económico".

***El potencial de mitigación de mercado*** está basado en los costos y tasas de descuento privados (que reflejan la perspectiva de los consumidores privados y empresas) que cabría esperar en condiciones de mercado previstas, incluidas las políticas y medidas actualmente vigentes, teniendo presente que ciertos obstáculos limitan la incorporación efectiva.

***El potencial de mitigación económico*** refleja los costos sociales y beneficios y las tasas de descuento sociales (como reflejo de la perspectiva de la sociedad; las tasas de descuento sociales son inferiores a las utilizadas por los inversores privados), suponiendo que la eficiencia del mercado resulte mejorada por las políticas y medidas, y que se eliminen los obstáculos.

El potencial de mitigación se estima mediante diferentes tipos de metodologías. ***Los estudios de planteamiento ascendente*** están basados en la evaluación de las opciones de mitigación, poniendo de relieve determinadas tecnologías y reglamentaciones. Suelen ser estudios sectoriales que contemplan una macroeconomía invariable. ***Los estudios de planteamiento descendente*** evalúan el potencial de opciones de mitigación a nivel del conjunto de la economía. Están basados en marcos coherentes a nivel mundial, utilizan información totalizada sobre las opciones de mitigación, e incorporan información macroeconómica y de mercado obtenida a posteriori.

[22] Los costos negativos netos (oportunidades de políticas sin perjuicio) se definen como las opciones cuyos beneficios, como la reducción de costos de energía o la reducción de emisiones de poluyentes locales/regionales, son iguales o superiores a sus costos para la sociedad, excluyendo los beneficios que reportaría la evitación del cambio climático.

[23] 20 billones = $20 \times 10^{12}$

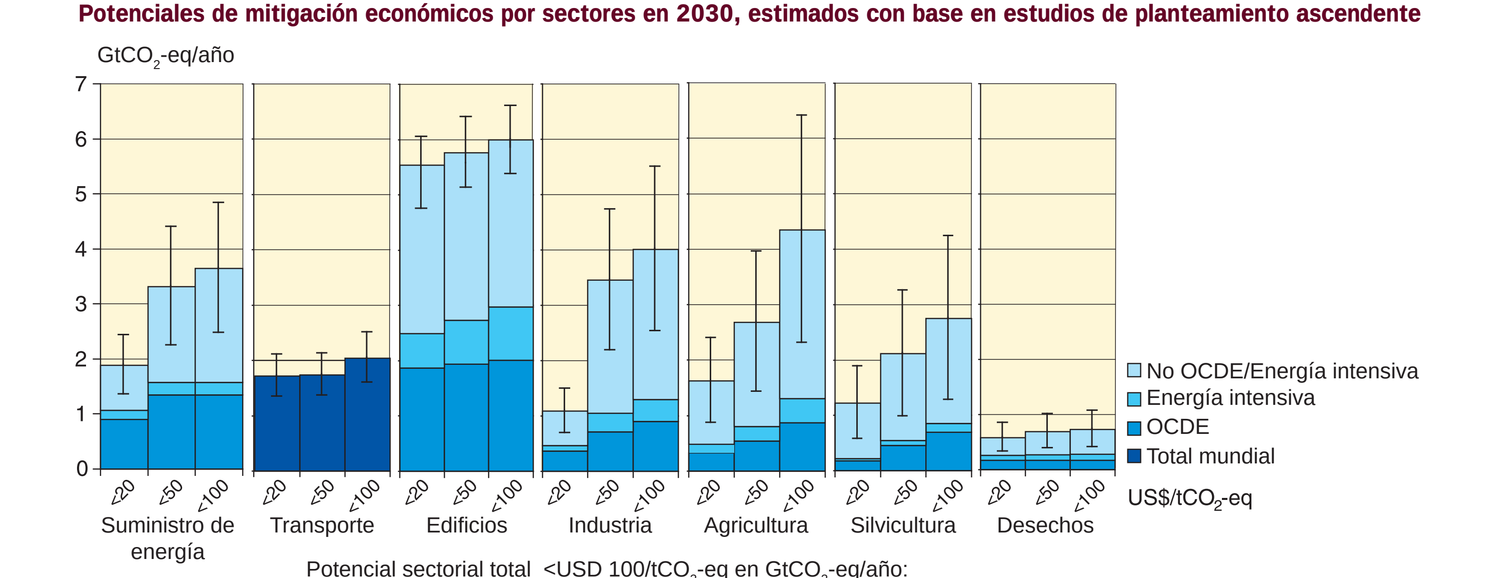



***Figura 4.2.*** *Potencial de mitigación económico estimado por sectores y por regiones utilizando tecnologías y prácticas previsiblemente disponibles en 2030. Los potenciales no incluyen opciones no técnicas, como el cambio de los modos de vida. {GTIII Figura RRP.6}*

*Notas:*

a) Los intervalos de valores del potencial económico mundial evaluados para cada sector están representados mediante líneas verticales. Los tramos están basados en asignaciones de uso final de las emisiones; en otras palabras, las emisiones derivadas del uso de la electricidad se contabilizan en los sectores de uso final, y no en el sector del suministro de energía.

b) Los potenciales estimados están limitados por los estudios disponibles, particularmente cuando los precios por carbono son altos.

c) Sectores basados en niveles de referencia diferentes. Para el sector industrial se adoptó el escenario de referencia B2 del IEEE, y para los de suministro de energía y transporte, los valores de World Energy Outlook (WEO) 2004; el sector de la construcción está basado en un escenario de referencia comprendido entre B2 y A1B (IEEE); con respecto a los desechos, se utilizaron las fuerzas originantes de A1B (IEEE) para construir un elemento de referencia específico; en agricultura y silvicultura se han utilizado niveles de referencia basados principalmente en las fuerzas originantes de B2.

d) Se indican únicamente los totales mundiales respecto del transporte, ya que se ha incluido la aviación internacional.

e) Las categorías excluidas son: emisiones distintas de $CO_2$ en edificios y transportes, parte de las opciones de eficiencia de materiales, producción de calor y cogeneración en el suministro de energía, vehículos pesados, transporte de mercancías y pasajeros de gran cabida, la mayoría de las opciones de alto costo respecto de los edificios, tratamiento de aguas de desecho, reducción de emisiones de las minas de carbón y gasoductos, y gases fluorados procedentes del suministro y transporte de energía. El nivel de subestimación del potencial económico total asociado a estas emisiones es del orden de entre 10% y *15%.*

de emisión de $CO_2$ en el sector energético sería necesario modificar sustancialmente las pautas de inversión, aunque la inversión adicional neta necesaria podría ser casi nula y no excedería de entre un 5% y un 10%. *{GTIII 4.1, 4.4, 11.6, RRP}*

**Aunque los estudios aplican metodologías diferentes, hay un *alto nivel de coincidencia* y *abundante evidencia* de que, en todas las regiones del mundo analizadas, los cobeneficios que reportaría una reducción de la polución del aire mediante iniciativas de reducción de las emisiones de GEI podrían ser, a corto plazo, sustanciales, y compensarían una fracción sustancial de los costos de mitigación.** ***{GTIII 11.8, RRP}***

La eficiencia energética y la utilización de energías renovables ofrecen sinergias con el desarrollo sostenible. En los países menos adelantados, la sustitución de energías puede reducir la mortalidad y la morbilidad atenuando la polución del aire en recintos cerrados, y reduciendo el volumen de trabajo de mujeres y niños, el consumo insostenible de leña y la consiguiente deforestación. *{GTIII 11.8, 11.9, 12.4}*

**Los artículos científicos publicados desde el TIE confirman con un *alto nivel de coincidencia* y un *nivel de evidencia medio* que las iniciativas de los países del Anexo I podrían tener efectos sobre la economía mundial y sobre las emisiones mundiales, aunque la escala de las fugas de carbono sigue siendo incierta.** ***{GTIII 11.7, RRP}***

Las naciones exportadoras de combustibles de origen fósil (tanto para los países incluidos como para los no incluidos en el Anexo I) pueden esperar, como se indicaba en el TIE, una disminución de la demanda y de los precios y un menor crecimiento del PIB por efecto de las políticas de mitigación. El alcance de ese efecto de rebose dependerá en gran medida de los supuestos en que se basen las decisiones de políticas y de las condiciones del mercado petrolero. *{GTIII 11.7, RRP}*

La evaluación de las fugas de carbono sigue adoleciendo de incertidumbres críticas. La mayoría de los modelos de equilibrio respaldan la conclusión del TIE de que, en el conjunto de la economía, las fugas resultantes de las iniciativas de Kyoto serán del orden de entre un 5% y un 20%, y serían menores si se difundieran eficazmente tecnologías competitivas de bajos niveles de emisión. *{GTIII 11.7, RRP}*

**Hay también un *alto nivel de coincidencia* y un *nivel medio de evidencia* de que los cambios de las formas de vida y de las pautas de comportamiento pueden contribuir a la mitigación del cambio climático en todos los sectores. Las prácticas de gestión pueden desempeñar también un papel positivo.** ***{GTIII RRP}***

**Tabla 4.2** *Ejemplos escogidos de las principales tecnologías, políticas y medidas de mitigación sectoriales; limitaciones y oportunidades. {GTIII Tablas RRP.3, RRP.7}*

| Sector | *Tecnologías y prácticas de mitigación clave comercialmente disponibles. Las tecnologías y prácticas de mitigación clave que se comercializarían antes de 2030 se indican en cursiva.* | Políticas, medidas e instrumentos probadamente efectivos para el medio ambiente | Limitaciones y oportunidades clave (fuente normal = limitaciones; *cursiva = oportunidades*) |
|---|---|---|---|
| **Suministro de energía** {GTIII 4.3, 4.4} | Mejora de la eficiencia del suministro y de la distribución; reemplazo de carbón por gas; energía nuclear; calor y energía eléctrica renovables (energía hidroeléctrica, eólica, solar, geotérmica y bioenergía); utilización combinada de calor y de energía eléctrica; primeras aplicaciones de captación y almacenamiento de dióxido de carbono (CAD) (por ejemplo, almacenamiento de $CO_2$ detraído del gas natural); *CAD para instalaciones de generación eléctrica a partir de gas, biomasas y carbono; energía nuclear avanzada; energía renovable avanzada, incluidas las energías de las mareas y de las olas, la concentración de la energía solar y la energía fotovoltaica solar.* | Reducción de subvenciones a combustibles de origen fósil; impuestos o gravámenes sobre el carbono para los combustibles de origen fósil. | La resistencia opuesta por intereses creados puede dificultar su aplicación. |
| | | Tarifa de alimentación para las tecnologías de energía renovable; obligaciones de energía renovable; subvenciones al productor. | *Puede ser apropiado para crear mercados de tecnología de bajo nivel de emisiones.* |
| **Transporte** {GTIII 5.4} | Vehículos con mayor eficiencia de combustible; vehículos híbridos; vehículos diesel más limpios; biocombustibles; sustitución del transporte por carretera por el ferrocarril y el transporte público; transporte no motorizado (en bicicleta, caminando); planificación del uso de la tierra y del transporte; *biocombustible de segunda generación; aeronaves de mayor eficiencia; vehículos eléctricos y vehículos híbridos avanzados con baterías más potentes y fiables.* | Economización de combustible obligatoria; mezcla de biocombustible y normas de $CO_2$ para el transporte diario. | La cobertura parcial de las flotas de vehículos puede limitar l a eficacia. |
| | | Impuestos sobre la compra, registro, utilización y combustible de los vehículos; fijación de precios de carreteras y aparcamientos. | La eficacia puede disminuir con el aumento de los ingresos. |
| | | Influencia sobre las necesidades de movilidad mediante reglamentaciones del uso de la tierra y planificación de infraestructuras; inversión en instalaciones de transporte público atrayentes y en modalidades de transporte no motorizado. | *Particularmente apropiado para países que están estableciendo sus sistemas de transporte.* |
| **Edificios** {GTIII 6.5} | Iluminación eficiente y con luz natural; electrodomésticos y aparatos de calefacción y refrigeración más eficientes; mejora de los hornillos de cocina, mejora de aislamientos; diseño solar pasivo y activo para calefacción y refrigeración; fluidos de refrigeración alternativos, recuperación y reciclado de gases fluorados; diseño integrado de edificios comerciales, por ejemplo con tecnologías provistas de sensores inteligentes de realimentación y control; energía fotovoltaica solar integrada en edificios | Normas y etiquetado de aparatos eléctricos. | Necesidad de revisión periódica de las normas. |
| | | Ordenanzas y certificación de edificios. | *Atractivo para nuevos edificios. Su cumplimiento puede ser difícil.* |
| | | Programas de gestión orientada a la demanda. | Necesidad de reglamentaciones para que se beneficien los servicios públicos básicos. |
| | | Programas de liderazgo del sector público, y en particular compras. | *Las compras estatales pueden aumentar la demanda de productos de utilización eficiente de la energía.* |
| | | Incentivos a las compañias de servicio energético (CSE). | *Factor de éxito: acceso a financiación de terceros.* |
| **Industria** {GTIII 7.5} | Mayor eficacia de los equipos eléctricos de uso final; recuperación de calor y energía eléctrica; reciclado y sustitución de materiales; control de emisiones de gases distintos del $CO_2$; y toda una serie de tecnologías para procesos específicos; *eficiencia energética avanzada; CAD para la fabricación de cemento, amoniaco y hierro; electrodos inertes para la fabricación de aluminio.* | Suministro de información sobre valores de referencia; normas de funcionamiento; subvenciones; créditos fiscales. | *Podría ser apropiado para estimular la incorporación de tecnología.*<br>La estabilidad de las políticas nacionales es importante, atendiendo a la competitividad internacional. |
| | | Permisos negociables. | Mecanismos de asignación predecibles y señales de precios estables, importantes para las inversiones. |
| | | Acuerdos voluntarios. | Algunos factores de éxito: claridad de objetivos, un escenario de referencia, participación de terceros en el diseño y revisión y disposiciones de monitoreo explícitas, estrecha cooperación entre gobiernos e industria. |
| **Agricultura** {GTIII 8.4} | Mejora de la gestión de los cultivos y de las tierras de pastoreo para mejorar el almacenamiento de carbono en el suelo; restauración de suelos de turbera cultivados y de tierras degradadas; mejora de las técnicas de cultivo de arroz y de la gestión del ganado y del estiércol para reducir las emisiones de $CH_4$; mejora de las técnicas de aplicación de fertilizantes nitrogenados para reducir las emisiones de $N_2O$; cultivos de energía específicos para sustituir la utilización de combustibles de origen fósil; mejora de la eficiencia energética; *mejora del rendimiento de los cultivos.* | Incentivos financieros y reglamentaciones para mejorar la gestión de la tierra; mantenimiento del contenido de carbono de los suelos; utilización eficiente de fertilizantes y de riegos. | *Puede alentar la sinergia con el desarrollo sostenible y con la reducción de la vulnerabilidad al cambio climático, venciendo con ello los obstáculos a la aplicación.* |
| **Silvicultura/ bosques** {GTIII 9.4} | Forestación; reforestación; gestión de bosques; disminución de la deforestación; gestión de los productos de madera recolectada; utilización de productos forestales para obtener bioenergía en sustitución de combustibles de origen fósil; *mejora de especies arbóreas para incrementar la productividad de biomasa y el secuestro de carbono; mejora de las tecnologías de teledetección para el análisis de la vegetación y del potencial de secuestro de carbono del suelo, y cartografía de los cambios de uso de la tierra.* | Incentivos financieros (nacionales e internacionales) para incrementar la extensión de bosques, para reducir la deforestación y para mantener y gestionar los bosques; reglamentación del uso de la tierra, y observancia. | Son factores limitadores la falta de capital de inversión y los problemas de tenencia de la tierra. Puede ayudar a aminorar la pobreza. |
| **Desechos** {GTIII 10.4} | Recuperación de $CH_4$ en vertederos; incineración de desechos con recuperación de energía; compostado de desechos orgánicos; tratamiento controlado de las aguas de desecho; reciclado y reducción al mínimo de desechos; *biocubiertas y biofiltros para optimizar la oxidación del $CH_4$.* | Incentivos financieros para mejorar la gestión de desechos y de aguas de desecho. | *Puede estimular la difusión de tecnologías.* |
| | | Incentivos u obligaciones con respecto a la energía renovable. | Disponibilidad local de combustibles de bajo costo. |
| | | Reglamentaciones de gestión de desechos. | Aplicación óptima a nivel nacional con estrategias para su cumplimiento. |

Pueden ejercer un impacto positivo sobre la mitigación, por ejemplo, los cambios de las pautas de consumo, la enseñanza y la formación profesional, los cambios de comportamiento de los ocupantes de los edificios, la gestión de la demanda de transporte, o las herramientas de gestión utilizadas por la industria. *{GTIII 4.1, 5.1, 6.7, 7.3, RRP}*

**Una política que estableciera un precio real o implícito del carbono podría crear incentivos para los productores y consumidores, a fin de canalizar inversiones hacia los productos, tecnologías y procesos de bajo contenido de GEI.** ***{GTIII RRP}***

Una señal de precios de carbono eficaz podría conseguir un importante potencial de mitigación en todos los sectores. Estudios de modelización indican que un aumento de los precios por carbono mundiales hasta los USD20-80/t$CO_2$-eq de aquí a 2030 sería coherente con un nivel de estabilización en torno a 550 ppm de $CO_2$-eq de aquí a 2100. Para ese mismo nivel de estabilización, estudios posteriores al TIE que incorporan el cambio tecnológico inducido podrían rebajar esos precios hasta los USD565/t$CO_2$-eq en 2030.[24] *{GTIII 3.3, 11.4, 11.5, RRP}*

**Hay un *alto nivel de coincidencia* y *abundante evidencia* de que los gobiernos disponen de un amplio abanico de políticas e instrumentos de alcance nacional para incentivar la adopción de medidas de mitigación. Su aplicabilidad dependerá de las circunstancias en el país y del grado de conocimiento de sus interacciones, pero la experiencia práctica adquirida en varios países y sectores indica que habrá ventajas y desventajas sea cual sea el instrumento.** ***{GTIII 13.2, RRP}***

Para evaluar las políticas e instrumentos se aplican cuatro grandes criterios: eficacia medioambiental, eficacia en términos de costo, efectos distribucionales (en particular, equidad), y viabilidad institucional. *{GTIII 13.2, RRP}*

Conclusiones generales sobre la operancia de las políticas: *{GTIII 13.2, RRP}*

- ***la integración de las políticas climáticas en políticas de desarrollo*** más amplias facilita su puesta en práctica y la eliminación de obstáculos;
- ***las reglamentaciones y normas*** suelen aportar un cierto grado de certidumbre acerca de los niveles de emisión. Podrían ser preferibles a otros instrumentos cuando la información u otros obstáculos impiden a productores y consumidores responder a las señales de precios. Sin embargo, no traen consigo necesariamente innovaciones o tecnologías más avanzadas;
- ***los impuestos y gravámenes*** pueden determinar un precio para el carbono, pero no pueden garantizar un nivel de emisiones dado. En los artículos publicados, están considerados como un medio eficaz de internalizar los costos de las emisiones de GEI;
- ***los permisos*** negociables establecerán un precio por carbono. El volumen de emisiones permitidas determina su eficacia medioambiental, mientras que la asignación de permisos tiene consecuencias en cuanto a su distribución. La fluctuación del precio del carbono hace difícil estimar el costo total que conllevarían los permisos de emisión;
- ***los incentivos financieros*** (subvenciones y créditos fiscales) son medios frecuentemente utilizados por los gobiernos para estimular el desarrollo y difusión de nuevas tecnologías. Aunque su costo económico suele ser más alto que el de los instrumentos anteriormente mencionados, son a menudo decisivos para superar obstáculos;
- ***los acuerdos voluntarios*** entre la industria y los gobiernos son políticamente atractivos, conciencian a las partes interesadas, y han desempeñado un papel en la evolución de numerosas políticas nacionales. La mayoría de los acuerdos no han conseguido reducciones importantes de las emisiones por encima de los valores habituales. Sin embargo, ciertos acuerdos recientemente concertados en varios países han acelerado la aplicación de las mejores tecnologías disponibles y han conseguido reducciones medibles de las emisiones;
- ***los instrumentos de información*** (por ejemplo, las campañas de sensibilización) pueden afectar positivamente a la calidad del medio ambiente, ya que ayudan a escoger con conocimiento de causa y, posiblemente, contribuyen a los cambios de comportamiento. Sin embargo, no se ha cuantificado todavía su impacto sobre las emisiones;
- ***la investigación, el desarrollo y la demostración (I+D+D)*** pueden estimular los avances tecnológicos, reducir costos y favorecer el avance hacia la estabilización;

Ciertas corporaciones, autoridades locales y regionales, ONG y asociaciones civiles están adoptando acciones voluntarias de muy diversa índole. Estas acciones podrían limitar las emisiones de GEI, estimular políticas innovadoras y alentar la implantación de nuevas tecnologías. Por sí solas, suelen tener un efecto limitado sobre las emisiones a nivel nacional o regional. *{GTIII 13.4, RRP}*

## 4.4 Relaciones entre las opciones de adaptación y mitigación, y sus relaciones con el desarrollo sostenible

**Se conocen cada vez mejor las opciones de respuesta climática que cabría escoger y aplicar en diversos sectores para conseguir sinergias y evitar conflictos con otras dimensiones del desarrollo sostenible.** ***{GTIII RRP}***

Las políticas de cambio climático vinculadas a la eficiencia energética y a la energía renovable suelen ser económicamente beneficiosas, mejoran la seguridad energética y reducen las emisiones de poluyentes locales. La disminución de las pérdidas de hábitat natural y de deforestación puede ser muy beneficiosa para la conservación de la biodiversidad, del suelo y del agua, y puede conseguirse en términos social y económicamente sostenibles.

[24] Los estudios sobre carteras de mitigación y costos macroeconómicos evaluados en el presente informe están basados en modelos de estructura descendente. La mayoría de los modelos utilizan una metodología mundial de costo mínimo con respecto a las carteras de mitigación, con un comercio de emisiones universal, presuponiendo un mercado transparente, ausencia de costos de transacción y, por consiguiente, una aplicación perfecta de medidas de mitigación durante el siglo XXI. Los costos se indican para una fecha específica. Los costos obtenidos de modelos mundiales aumentarán si se excluyen ciertas regiones, sectores (por ejemplo, el uso de la tierra), opciones o gases. Disminuirán, en cambio, si los niveles de referencia son más bajos, si se utilizan ingresos procedentes de impuestos sobre el carbono y de permisos subastados, o si se incluye el aprendizaje tecnológico. Estos modelos no contemplan los beneficios climáticos ni, generalmente, los cobeneficios de las medidas de mitigación u otros aspectos relacionados con el capital en acciones. Se ha avanzado mucho en la aplicación de metodologías basadas en el cambio tecnológico inducido a los estudios de estabilización; no obstante, subsisten problemas conceptuales. En los modelos que contemplan el cambio tecnológico inducido, los costos proyectados para un nivel de estabilización dado son inferiores; las reducciones son mayores para un nivel de estabilización inferior.

La forestación y las plantaciones de bioenergía pueden restaurar las tierras degradadas, gestionar la escorrentía hídrica, retener el carbono del suelo y beneficiar a las economías rurales, pero podrían competir con la producción alimentaria y afectar negativamente la biodiversidad si no se diseñan adecuadamente. *{GTII 20.3, 20.8; GTIII 4.5, 9.7, 12.3, RRP}*

Aumenta la evidencia de que ciertas decisiones, por ejemplo en materia de política macroeconómica, política agrícola, préstamos bancarios multilaterales para el desarrollo, prácticas de aseguramiento, reformas del mercado eléctrico, seguridad energética y conservación de los bosques, que suelen considerarse ajenas a la política climática, pueden reducir considerablemente las emisiones (Tabla 4.3). Análogamente, las políticas no climáticas pueden afectar la capacidad adaptativa y la vulnerabilidad. *{GTII 20.3; GTIII RRP, 12.3}*

**Entre las opciones de adaptación y de mitigación existen tanto sinergias como limitaciones recíprocas.** ***{GTII 18.4.3; GTIII 11.9)***

Ejemplos de sinergia son la producción de biomasa adecuadamente diseñada, la creación de áreas protegidas, la gestión de la tierra, la utilización de energía en los edificios o la silvicultura, aunque en otros sectores las sinergias son bastante limitadas. Un aspecto limitador podría ser, por ejemplo, un aumento de las emisiones de GEI debido a un mayor consumo de energía como consecuencia de una respuesta adaptativa. *{GTII 18.4.3, 18.5, 18.7, RT.5.2; GTIII 4.5, 6.9, 8.5, 9.5, RRP}*

## 4.5 Cooperación internacional y regional

**Hay un *alto nivel de coincidencia* y *abundante evidencia* de que la CMCC y su Protocolo de Kyoto han conseguido resultados notables, estableciendo una respuesta mundial al problema del cambio climático, estimulando toda una serie de políticas nacionales, creando un mercado de carbono internacional, o estableciendo nuevos mecanismos institucionales que podrían sentar las bases de los futuros esfuerzos de mitigación. Se ha avanzado también en cuanto a medidas de adaptación en el marco de la CMCC y se han sugerido iniciativas adicionales.** ***{GTII 18.7; GTIII 13.3, RRP}***

Las proyecciones indican que el primer período de compromiso del Protocolo en relación con las emisiones mundiales tendrá un impacto limitado. El impacto económico sobre los países del Anexo B participantes sería menor que el contemplado en el TIE, que preveía una disminución del PIB de entre 0,2% y 2% en 2012 en ausencia de comercio de emisiones, y de entre 0,1% y 1,1% si se implantase el comercio de emisiones entre los países del Anexo B. Para ser más eficaces en términos medioambientales, los futuros esfuerzos de mitigación tendrían que conseguir reducciones mucho mayores que abarcasen una proporción mucho más alta de las emisiones mundiales (véase el Tema 5). *{GTIII 1.4, 11.4, 13.3, RRP}*

**Las publicaciones científicas ofrecen un *alto nivel de coincidencia* y *abundante evidencia* de que existen múltiples opciones para reducir las emisiones mundiales de GEI a escala internacional mediante la cooperación. De ellas se desprende también que los buenos acuerdos son eficaces medioambientalmente y en términos de costo, incorporan consideraciones distributivas y equitativas, y son institucionalmente viables.** ***{GTIII 13.3, RRP}***

Un mayor esfuerzo cooperativo por reducir las emisiones ayudará a recortar los costos mundiales para la consecución de un nivel de mitigación dado, o mejorará la eficacia medioambiental. Mejorando y ampliando el alcance de los mecanismos de mercado (por ejemplo, el comercio de derechos de emisión, la aplicación conjunta o el mecanismo para un desarrollo limpio) podrían reducirse los costes de mitigación en su conjunto. *{GTIII 13.3, RRP}*

Los esfuerzos por hacer frente al cambio climático pueden abarcar elementos tan diversos como: objetivos de emisiones; actuaciones a nivel sectorial, local, subnacional y regional; programas de I+D+D; adopción de políticas comunes; adopción de medidas orientadas al desarrollo; o ampliación de instrumentos financieros. Estos elementos pueden adoptarse de manera integrada, pero una comparación entre los esfuerzos cuantitativos realizados por diferentes países sería compleja y requeriría gran número de recursos. *{GTIII 13.3, RRP}*

Las medidas que pueden adoptar los países participantes pueden clasificarse atendiendo a cuándo se adopta la medida, quién participa en ella y en qué consistiría. Las actuaciones pueden ser vinculantes o no vinculantes y contemplar objetivos fijos o dinámicos, y la participación en ellas puede ser estática o variar con el tiempo. *{GTIII 13.3, RRP}*

***Tabla 4.3.*** *Integración de consideraciones sobre el cambio climático en las políticas de desarrollo: ejemplos escogidos en relación con la mitigación. {GTIII 12.2.4.6}*

| Sectores escogidos | Instrumentos y medidas de políticas ajenos al cambio climático | Podría afectar a: |
|---|---|---|
| Macroeconomía | Imposición de impuestos/subvenciones no relacionados con el clima y/o otras políticas fiscales y reglamentarias que promuevan el desarrollo sostenible. | El total mundial de emisiones de GEI. |
| Silvicultura | Adopción de prácticas de conservación de bosques y de gestión sostenible. | Las emisiones de GEI procedentes de la deforestación. |
| Electricidad | Adopción de elementos renovables eficaces en costo, programas de gestión orientada a la demanda, y reducción de pérdidas en transmisión y distribución. | Las emisiones de $CO_2$ del sector eléctrico. |
| Importaciones de petróleo | Diversificación de mezclas de combustible importadas y nacionales, y reducción de la intensidad energética de la economía para mejorar la seguridad energética. | Las emisiones de petróleo crudo y de productos importados. |
| Seguros en los sectores de construcción y transporte | Primas específicas, exclusión de seguros de responsabilidad civil, mejores condiciones para los productos “ecológicos”. | Las emisiones de GEI en el sector del transporte y de la construcción. |
| Finanzas internacionales | Adopción de estrategias y proyectos que reduzcan las emisiones, a nivel del país y de sector. | Las emisiones de países en desarrollo. |

# 5

# La perspectiva de largo plazo: aspectos científicos y socioeconómicos de la adaptación y de la mitigación, en consonancia con los objetivos y disposiciones de la Convención, y en el contexto del desarrollo sostenible

## 5.1 Perspectiva de la gestión de riesgos

**La respuesta al cambio climático conlleva un proceso iterativo de gestión de riesgos que abarca tanto la mitigación como la adaptación, teniendo presentes los daños causados por el cambio climático y los evitados, los cobeneficios, la sostenibilidad, la equidad y las actitudes ante el riesgo.** ***{GTII 20. 9, RRP; GTIII RRP}***

Las técnicas de gestión de riesgo pueden dar cabida explícitamente a una diversidad de aspectos sectoriales, regionales y temporales, pero para aplicarlas hay que estar informado no solo de los impactos resultantes de los escenarios climáticos más probables, sino también de los impactos derivados de sucesos de menor probabilidad pero más graves consecuencias y de las consecuencias de las políticas y medidas propuestas. El riesgo suele entenderse como el producto de la probabilidad de un suceso por sus consecuencias. Los impactos del cambio climático dependerán de las características de los sistemas naturales y humanos, de sus vías de desarrollo y de sus ubicaciones específicas. *{IDS 3.3, Figura 3.6; GTII 20.2, 20.9, RRP; GTIII 3.5, 3.6, RRP}*

## 5.2 Vulnerabilidades clave, impactos y riesgos más importantes: perspectivas a largo plazo

**Los cinco "motivos de preocupación" identificados en el TIE se consideran ahora más preocupantes, y muchos de los riesgos identificados se contemplan ahora con un nivel de confianza más alto. Las proyecciones indican que algunos de ellos serían mayores o estarían presentes para aumentos menores de la temperatura. Ello se debe a: 1) una mejor comprensión de la magnitud de los impactos y riesgos asociados a los aumentos del promedio de temperatura mundial y de las concentraciones de GEI, y en particular de la vulnerabilidad a la variabilidad climática actual; 2) una identificación más precisa de las circunstancias que acentúan la vulnerabilidad de los sistemas, sectores, grupos y regiones; y 3) una mayor evidencia de que el riesgo de impactos de gran magnitud a escalas de tiempo multiseculares seguiría aumentando en la medida en que siguieran aumentando las concentraciones de GEI y la temperatura. Las relaciones entre los impactos (el fundamento de los "motivos de preocupación" del TIE) y la vulnerabilidad (que abarca la capacidad de adaptarse a los impactos) se aprecian ahora más claramente.** ***{GTII 4.4, 5.4, 19.RE, 19.3.7, RT.4.6; GTIII 3.5, RRP}***

En el TIE se concluía que la vulnerabilidad al cambio climático está en función de la exposición, de la sensibilidad y de la capacidad adaptativa. La adaptación puede reducir la sensibilidad al cambio climático, mientras que la mitigación puede reducir la exposición a él, y en particular su rapidez y extensión. Ambas conclusiones han quedado confirmadas en la presente evaluación. *{GTII 20.2, 20.7.3}*

No hay una métrica única capaz de describir adecuadamente la diversidad de vulnerabilidades clave o su escala de gravedad. En la Figura 3.6 se ofrecen algunos ejemplos de impactos sobre ese particular. La estimación de las vulnerabilidades clave en cualquier sistema, así como los daños que aquellas conllevan, dependerá de la exposición (rapidez y magnitud del cambio climático), de la sensibilidad (que está parcialmente determinada, en su caso, por el estadio de desarrollo), y de la capacidad adaptativa. Algunas vulnerabilidades clave pueden estar vinculadas a ciertos umbrales; en algunos casos, estos pueden hacer que un sistema pase de un estado a otro distinto, mientras que en otros casos los umbrales están definidos subjetivamente, por lo que dependen de los valores sociales. *{GTII 19.RE, 19.1}*

Los cinco "motivos de preocupación" identificados en el TIE respondían al propósito de sintetizar la información sobre los riesgos climáticos y las vulnerabilidades clave y de "ayudar a los lectores a determinar por sí mismos" los riesgos. Siguen constituyendo un marco viable para abordar las vulnerabilidades clave y han sido actualizados en el CIE. *{TIE GTII Capítulo 19; GTII RRP}*

- ***Riesgos para los sistemas singulares y amenazados.*** Hay evidencias nuevas y más claras de impactos observados del cambio climático sobre los sistemas singulares y vulnerables (por ejemplo, las comunidades y ecosistemas polares y de alta montaña), siendo los impactos tanto más adversos cuanto más aumenta la temperatura. Según las proyecciones, y con un grado de confianza mayor que en el TIE, el riesgo de extinción de especies y de daños a los arrecifes de coral iría en aumento a medida que continuase el calentamiento. Hay un *grado de confianza medio* en que entre un 20% y un 30% aproximadamente de las especies vegetales y animales consideradas hasta la fecha estarían *probablemente* expuestas a un mayor riesgo de extinción

### Las vulnerabilidades clave y el artículo 2 de la CMCC

El Artículo 2 de la CMCC señala que:

"El objetivo último de la presente Convención y de todo instrumento jurídico conexo que adopte la Conferencia de las Partes, es lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible."

Para determinar lo que constituye una "interferencia antropógena peligrosa en el sistema climático" en relación con el artículo 2 de la CMCC es necesario aplicar juicios de valor. A este respecto, la ciencia puede ayudar a adoptar decisiones con conocimiento de causa, particularmente aportando criterios para decidir cuáles de las vulnerabilidades podrían denominarse "clave". *{IdS 3.3, GTII 19.RE}*

Las vulnerabilidades clave[25] pueden estar asociadas a una multiplicidad de sistemas sensibles al clima, como el suministro de alimentos, la infraestructura, la salud, los recursos hídricos, los sistemas costeros, los ecosistemas, los ciclos biogeoquímicos mundiales, los mantos de hielo o los modos de circulación oceánica y atmosférica. *{GTII 19.RE}*

Se dispone actualmente de información más específica para todas las regiones del mundo acerca de la naturaleza de los impactos futuros y, en particular, para algunos lugares no contemplados en evaluaciones precedentes. *{GTII RRP}*

[25] Las vulnerabilidades clave pueden identificarse con base en diversos criterios publicados en artículos científicos, como la magnitud, cronología, persistencia/reversibilidad, potencial de adaptación, aspectos distribucionales, probabilidad, o "importancia" de los impactos.

si los aumentos del promedio de temperatura mundial excedieran de entre 1,5 y 2,5°C respecto de los niveles de 1980-1999. Hay un mayor grado de confianza en que un aumento de entre 1 y 2°C de la temperatura media mundial respecto de los niveles de 1990 (entre 1,5 y 2,5°C, aproximadamente, respecto de los niveles preindustriales) entrañaría importantes riesgos para numerosos sistemas singulares y amenazados, y en particular para numerosos parajes ricos en biodiversidad. Los corales son vulnerables al estrés térmico y tienen una escasa capacidad adaptativa. Según las proyecciones, aumentos de la temperatura superficial del mar de entre 1 y 3°C, aproximadamente, acrecentarían la frecuencia de los casos de decoloración de corales y extenderían su mortalidad de no mediar una adaptación térmica o aclimatación de los corales. Las proyecciones indican que aumentaría la vulnerabilidad al calentamiento de las comunidades indígenas del Ártico y de las comunidades de las islas pequeñas. *{IDS 3.3, 3.4, Figura 3.6, Tabla 3.2; GTII 4.RE, 4.4, 6.4, 14.4.6, 15.RE, 15.4, 15.6, 16.RE, 16.2.1, 16.4, Tabla 19.1, 19.3.7, RT.5.3, Figura RT.12, Figura RT.14}*

- ***Riesgos de fenómenos meteorológicos extremos.*** Las respuestas a ciertos sucesos climáticos extremos recientes revelan elevados niveles de vulnerabilidad tanto en los países desarrollados como en desarrollo respecto de los niveles evaluados en el TIE. Hay ahora un mayor grado de confianza en que aumentarían las sequías, las olas de calor y las inundaciones, así como sus impactos adversos. Como se resume en la Tabla 3.2, en muchas regiones aumentarían las sequías, las olas de calor y las inundaciones, y sus efectos serían mayoritariamente adversos, manifestados particularmente en un aumento del estrés hídrico y de la frecuencia de incendios incontrolados, en efectos adversos sobre la producción de alimentos y sobre la salud, en un mayor riesgo de inundaciones y de valores extremos de aumento de nivel del mar, y en daños a las infraestructuras. *{IDS 3.2, 3.3, Tabla 3.2; GTI 10.3, Tabla RRP.2; GTII 1.3, 5.4, 7.1, 7.5, 8.2, 12.6, 19.3, Tabla 19.1, Tabla RRP.1}*

- ***Distribución de impactos y vulnerabilidades.*** Hay diferencias muy acusadas entre unas regiones y otras, siendo así que las más débiles económicamente son frecuentemente las más vulnerables al cambio climático y, frecuentemente, las más susceptibles a padecer daños relacionados con el clima, especialmente cuando han de hacer frente a múltiples factores de estrés. Hay cada vez más evidencia de que aumenta la vulnerabilidad de determinados grupos, como los pobres o los ancianos, no solo en los países en desarrollo sino también en los desarrollados. Hay un mayor grado de confianza en las pautas regionales proyectadas del cambio climático (véase el Tema 3.2) y en las proyecciones de los impactos regionales, que permiten identificar mejor sistemas, sectores y regiones particularmente vulnerables (véase el Tema 3.3). Además, ha aumentado la evidencia de que las áreas de baja latitud y las menos desarrolladas suelen estar expuestas a mayores riesgos, por ejemplo en las extensiones secas y en los grandes deltas. Nuevos estudios confirman que África es uno de los continentes más vulnerables debido a la gran diversidad de impactos, múltiples factores de estrés y escasa capacidad adaptativa que indican las proyecciones. Estas señalan también importantes riesgos debidos al aumento de nivel del mar en los grandes deltas de Asia y en las comunidades de las islas pequeñas. *{IDS 3.2, 3.3, 5.4; GTI 11.2-11.7, RRP; GTII 3.4.3, 5.3, 5.4, Recuadros 7.1 y 7.4, 8.1.1, 8.4.2, 8.6.1.3, 8.7, 9.RE, Tabla 10.9, 10.6, 16.3, 19.RE, 19.3, Tabla 19.1, 20.RE, RT.4.5, RT.5.4, Tablas RT.1, RT.3, RT.4, RRP}*

- ***Impacto totalizado.*** En comparación con el TIE, los beneficios netos iniciales del cambio climático en términos de mercado alcanzarían valores máximos de menor magnitud y, por consiguiente, en fechas más tempranas. Para aumentos de la temperatura mundial mayores, es *probable* que los daños sean más graves de lo estimado en el TIE, y el costo neto de los impactos de un mayor calentamiento aumentaría con el tiempo. Se han cuantificado también los impactos totalizados utilizando otras métricas (véase el Tema 3.3): por ejemplo, durante el próximo siglo es *probable* que el cambio climático afecte negativamente a centenares de millones de personas por efecto de un aumento de las inundaciones costeras, de disminuciones del suministro hídrico, de un aumento de la malnutrición, y de un mayor impacto sobre la salud. *{IDS 3.3, Figura 3.6; GTII 19.3.7, 20.7.3, RT.5.3}*

- ***Riesgos de las singularidades de gran escala.***[26] Como ya se ha examinado en el Tema 3.4, es *muy improbable* un cambio abrupto en gran escala de la circulación de renuevo meridional durante el siglo actual. Hay un *alto grado de confianza* en que un calentamiento mundial de varios siglos conllevaría una contribución de la dilatación térmica al aumento de nivel del mar que sería, por sí sola, mucho mayor que la observada durante el siglo XX, y que conllevaría a la pérdida de extensiones costeras y otros impactos concomitantes. Se aprecia ahora con más claridad que en el TIE que el riesgo de aportaciones adicionales al aumento de nivel del mar de los mantos de hielo de Groenlandia y, posiblemente, del Antártida podrían ser mayores de lo proyectado por los modelos de manto de hielo, y podrían acaecer a escalas de tiempos seculares. La razón de ello es que los procesos dinámicos de hielo advertidos en observaciones recientes, pero no plenamente integrados en los modelos de manto de hielo examinados en el CIE, podrían acelerar la pérdida de hielo. Un deshielo completo del manto de hielo de Groenlandia elevaría el nivel del mar en 7m, y podría ser irreversible. *{IDS 3.4; GTI 10.3, Recuadro 10.1; GTII 19.3.7, RRP}*

## 5.3 Adaptación y mitigación

**Hay un *alto grado de confianza* en que ni la adaptación ni la mitigación por sí solas pueden evitar todos los impactos del cambio climático. La adaptación es necesaria, tanto a corto como a largo plazo, para hacer frente a los impactos que ocasionaría el calentamiento, incluso para los escenarios de estabilización más modestos examinados. Hay obstáculos, límites y costos cuyo conocimiento es incompleto. La adaptación y la mitigación pueden complementarse entre sí y, conjuntamente, pueden reducir considerablemente los riesgos de cambio climático. *{GTII 4.RE, RT 5.1, 18.4, 18.6, 20.7, RRP; GTIII 1.2, 2.5, 3.5, 3.6}***

La adaptación no surtirá efecto en los ecosistemas naturales (por ejemplo, por pérdida de hielos marinos del Ártico y de viabilidad de los ecosistemas marinos), o si desaparecen glaciares de montaña que desempeñen un papel insustituible en el almacenamiento y abastecimiento de agua, o si es necesario adaptarse a un aumento de nivel del mar de varios metros[27]. En muchos casos, será menos viable o muy costosa para el cambio climático proyectado más allá de los próximos decenios (por ejemplo, en las regiones de deltas y estuarios).

[26] Véase el glosario.

[27] Aunque es técnicamente posible adaptarse a un aumento de nivel del mar de varios metros, los recursos necesarios están distribuidos tan desigualmente que, en la realidad, este riesgo queda fuera del alcance de las medidas de adaptación. {GTII 17.4.2, 19.4.1}

Hay un *alto grado de confianza* en que durante el presente siglo la capacidad de muchos ecosistemas para adaptarse naturalmente se verá desbordada. Además, existen múltiples obstáculos y limitaciones a una adaptación efectiva de los sistemas humanos (véase el Tema 4.2). *{IDS 4.2; GTII 17.4.2, 19.2, 19.4.1}*

A largo plazo, y en ausencia de medidas de mitigación, es *probable* que el cambio climático desborde la capacidad de adaptación de los sistemas naturales, gestionados y humanos. De depenederse únicamente de la adaptación, la magnitud del cambio climático podría llegar a un punto en que no fuera ya posible una adaptación efectiva, o lo sería con un costo social, medioambiental y económico muy alto. *{GTII 18.1, RRP}*

**Para poder mitigar las emisiones de GEI con objeto de reducir la rapidez y magnitud del cambio climático hay que tener en cuenta la inercia del clima y de los sistemas socioeconómicos.** ***{ISI 3.2; GTI 10.3, 10.4, 10.7, RRP; GTIII 2.3.4}***

Una vez estabilizadas las concentraciones de GEI, se espera que la tasa de aumento del promedio de temperatura mundial disminuya al cabo de varios decenios. Cabría esperar todavía pequeños aumentos del promedio de temperatura mundial durante varios siglos. El aumento de nivel del mar causado por la dilatación térmica proseguiría durante muchos siglos a una cadencia que terminaría disminuyendo respecto de la alcanzada antes de la estabilización, debido a la constante incorporación de calor por los océanos. *{IDS 3.2, GTI 10.3, 10.4, 10.7, RRP}*

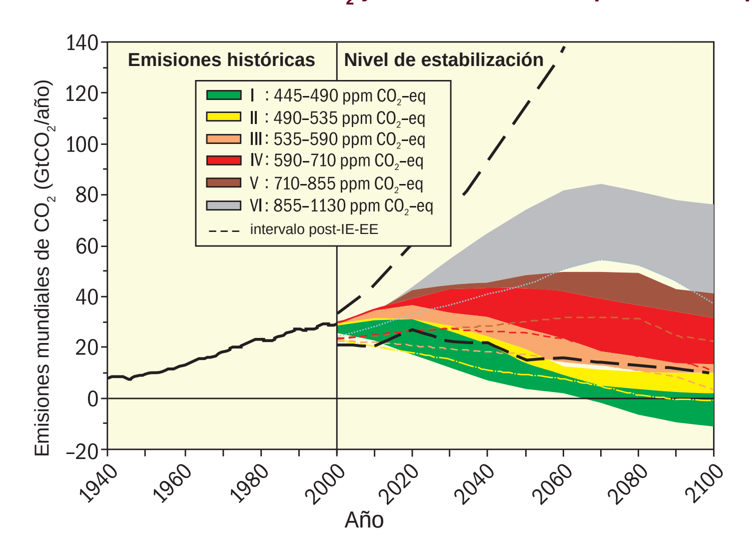
La tardanza en la reducción de las emisiones restringe considerablemente las oportunidades de alcanzar unos niveles de estabilización más bajos e incrementa el riesgo de impactos más graves del cambio climático. Aunque los beneficios de las medidas de mitigación, en términos de cambio climático evitado, tardarían varios decenios en materializarse, las medidas de mitigación emprendidas a corto plazo evitarían anclarse en infraestructuras y vías de desarrollo duraderas y muy dependientes del carbono, reducirían la rapidez del cambio climático, y aminorarían la necesidad de adaptarse debido a un mayor calentamiento. *{GTII 18.4, 20.6, 20.7, RRP; GTIII 2.3.4, 3.4, 3.5, 3.6, RRP}*

## 5.4 Trayectorias de emisión conducentes a la estabilización

**A fin de estabilizar la concentración de GEI en la atmósfera, las emisiones tendrían que alcanzar su nivel máximo y disminuir posteriormente.[28] Cuanto más bajo sea el nivel de estabilización, más rápidamente tendría que alcanzarse ese máximo y la subsiguiente disminución (Figura 5.1).[29]** ***{GTIII 3.3, 3.5, RRP}***

Los avances en modelización conseguidos desde el TIE permiten evaluar estrategias de mitigación multigás para explorar la viabilidad y el costo de una eventual estabilización de las concentraciones de

**Emisiones de $CO_2$ y aumentos de la temperatura en equilibrio para un abanico de niveles de estabilización**



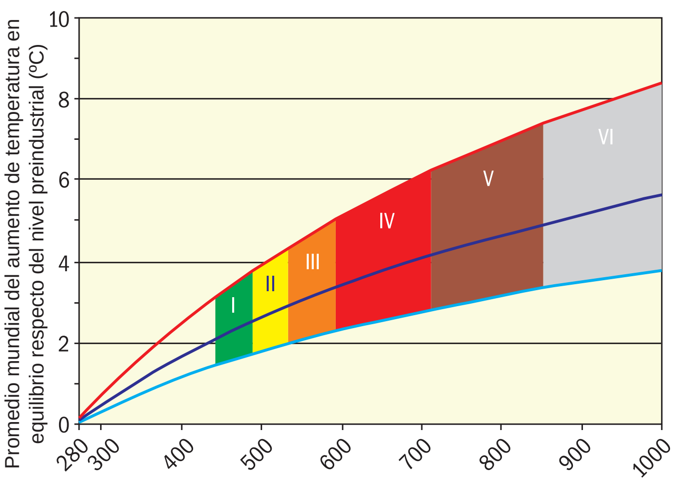




***Figura 5.1.*** *Emisiones de $CO_2$ mundiales de 1940 a 2000, y horquillas de emisión correspondientes a las categorías de escenarios de estabilización entre los años 2000 y 2100 (imagen izquierda); más la correspondiente relación entre el objetivo de estabilización y el* probable *aumento de promedio mundial de la temperatura en equilibrio respecto del nivel preindustrial (imagen derecha). La evolución hacia el nivel de equilibrio puede durar varios siglos, especialmente en escenarios con niveles de estabilización superiores. Las áreas sombreadas de color indican escenarios de estabilización agrupados con arreglo a diferentes objetivos (categorías de estabilización I a VI). En la imagen de la derecha se indican los intervalos de valores del promedio mundial del cambio de temperatura respecto del nivel preindustrial, con base en: i) la "mejor estimación" de la sensibilidad climática, cifrada en 3°C (línea negra central del área sombreada), ii) la cota superior del intervalo* probable *de sensibilidades climáticas, cifrada en 4,5°C (línea roja superior del área sombreada); iii) la cota inferior del intervalo* probable *de sensibilidades climáticas, cifrada en 2°C (línea azul inferior del área sombreada). Las líneas negras de trazos de la imagen izquierda representan el intervalo de emisiones de escenarios de referencia recientes publicados desde el IEEE (2000). Los intervalos de emisiones de los escenarios de estabilización abarcan escenarios de $CO_2$ únicamente y escenarios multigás, y corresponden a los percentilos 10 a 90 de la distribución total de escenarios. Nota: En la mayoría de los modelos, las emisiones de $CO_2$ no incluyen las procedentes de la descomposición de la biomasa que permanece en el suelo tras la tala y deforestación, ni de los incendios de turba o de los suelos de turba drenados. {GTIII Figuras RRP.7 y RRP.8}*

[28] La existencia de un nivel máximo implica que las emisiones han de llegar a ese nivel antes de disminuir posteriormente.

[29] En la categoría de escenarios de mitigación más modesta estudiada, las emisiones tendrían que alcanzar un máximo de aquí a 2015 y, en los escenarios más aventurados, de aquí a 2090 (véase la Tabla 5.1). Los escenarios basados en trayectorias de emisiones alternativas exhiben diferencias sustanciales en cuanto a la tasa del cambio climático mundial. {GTII 19.4}

GEI. Esos escenarios exploran un abanico más amplio de escenarios futuros, y en particular unos niveles de estabilización más bajos que en el TIE. *{GTIII 3.3, 3.5, RRP}*

**En los próximos dos o tres decenios, los esfuerzos de mitigación determinarán en gran medida las oportunidades de alcanzar unos niveles de estabilización más bajos (Tabla 5.1 y Figura 5.1).** ***{GTIII 3.5, RRP}***

En la Tabla 5.1 se resumen los niveles de emisión necesarios para diferentes grupos de concentraciones de estabilización y los consiguientes aumentos del promedio de temperatura mundial en equilibrio, con base en una "estimación óptima" de la sensibilidad climática (véase en la Figura 5.1 la horquilla de incertidumbres *probable*). La estabilización a un nivel más bajo de concentración y, consiguientemente, de la temperatura de equilibrio adelantaría la fecha en que las emisiones alcanzasen su valor máximo y obligaría a una mayor reducción de emisiones de aquí a 2050.[30] La sensibilidad climática es una incertidumbre clave para los escenarios de mitigación que persiguen alcanzar determinados niveles de temperatura. La cronología y magnitud de las medidas de mitigación necesarias para alcanzar un nivel de estabilización de temperatura dado será más rápida y más rigurosa si la sensibilidad climática es alta que en caso contrario. *{GTIII 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, RRP}*

El aumento de nivel del mar por efecto del calentamiento es inevitable. La dilatación térmica proseguiría durante muchos siglos tras la estabilización de las concentraciones de GEI en cualquiera de los niveles de estabilización examinados, y daría lugar a un aumento de nivel del mar mucho mayor del proyectado para el siglo XXI (Tabla 5.1). Si las concentraciones de GEI y de aerosoles se hubieran estabilizado en los niveles del año 2000, la dilatación térmica por sí sola traería aparejado un aumento de nivel del mar de entre 0,3 y 0,8 m. La contribución de las pérdidas de manto de hielo en Groenlandia podría llegar a ser de varios metros, y sería mayor que la de la dilatación térmica, si existiese un calentamiento superior a entre 1,9 y 4,6°C por encima de los niveles preindustriales durante muchos siglos. Estas consecuencias a largo plazo tendrían implicaciones de gran importancia para las costas mundiales. A largo plazo, la escala de la dilatación térmica y de la respuesta del manto de hielo al calentamiento implica que las estrategias de mitigación que aspiren a estabilizar las concentraciones de GEI (o el forzamiento radiativo) en niveles iguales o superiores a los actuales no estabilizarán el nivel del mar durante muchos siglos. *{GT1 10.7}*

Los efectos recíprocos entre el ciclo del carbono y el cambio climático afectan la magnitud de las medidas de mitigación y de adaptación en respuesta al cambio climático. Es de esperar que el acoplamiento clima-ciclo del carbono incremente la fracción de emisiones antropógenas que subsiste en la atmósfera a medida que se calienta el sistema climático (véanse los Temas 2.3 y 3.2.1), pero los estudios de mitigación no han incorporado todavía toda la diversidad de posibles efectos. En consecuencia, podrían subestimarse las reducciones de emisiones encaminadas a un nivel de estabilización dado según los estudios considerados en la Tabla 5.1. A tenor de los

***Tabla 5.1.*** Características de los escenarios de estabilización post-TIE, promedio de temperatura mundial en equilibrio resultante a largo plazo, y componente del aumento de nivel del mar por dilatación térmica únicamente.[a] {GTI 10.7; GTIII Tabla RT.2, Tabla 3.10, Tabla RRP.5}

| Categoría | Concentración de $CO_2$ en el punto de estabilización (2005 = 379 ppm) [b] | Concentración de $CO_2$-equivalente en el punto de estabilización, incluidos los GEI y aerosoles (2005 = 375 ppm) [b] | Año de magnitud máxima de emisiones de $CO_2$ [a,c] | Variación de las emisiones de $CO_2$ mundiales en 2050 (porcentaje del nivel de emisiones de 2000) [a,c] | Promedio mundial del aumento de la temperatura respecto de los niveles preindustriales en condiciones de equilibrio, basándose en una "estimación óptima" de la sensibilidad climática [d), e)] | Promedio mundial del aumento de nivel del mar respecto del nivel preindustrial en condiciones de equilibrio por dilatación térmica únicamente [f)] | Número de escenarios evaluados |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ppm | ppm | Año | Porcentaje | °C | Metros | |
| I | 350 – 400 | 445 – 490 | 2000 – 2015 | -85 y -50 | 2,0 – 2,4 | 0,4 – 1,4 | 6 |
| II | 400 – 440 | 490 – 535 | 2000 – 2020 | -60 y -30 | 2,4 – 2,8 | 0,5 – 1,7 | 18 |
| III | 440 – 485 | 535 – 590 | 2010 – 2030 | -30 y +5 | 2,8 – 3,2 | 0,6 – 1,9 | 21 |
| IV | 485 – 570 | 590 – 710 | 2020 – 2060 | +10 y +60 | 3,2 – 4,0 | 0,6 – 2,4 | 118 |
| V | 570 – 660 | 710 – 855 | 2050 – 2080 | +25 y +85 | 4,0 – 4,9 | 0,8 – 2,9 | 9 |
| VI | 660 – 790 | 855 – 1130 | 2060 – 2090 | +90 y +140 | 4,9 – 6,1 | 1,0 – 3,7 | 5 |

Notas:
a) Las reducciones de emisiones encaminadas a un nivel de estabilización dado que figuran en los estudios de mitigación evaluados en el presente informe podrían estar subestimadas, debido a la ausencia de retroefectos del ciclo del carbono (véase también el Tema 2.3).
b) Las concentraciones de $CO_2$ en la atmósfera se cifraron en 379 ppm en 2005. La mejor estimación de la concentración total de $CO_2$-eq en 2005 para todos los GEI de larga permanencia es de aproximadamente 455 ppm, mientras que el valor correspondiente cuando se incluye el efecto neto de todos los agentes de forzamiento antropógeno se cifra en 375 ppm de $CO_2$-eq.
c) Los intervalos de valores corresponden a los percentilos 15 a 85 de la distribución de escenarios post-TIE. Se indican las emisiones de $CO_2$ a fin de poder comparar los escenarios multigás con escenarios de $CO_2$ únicamente (véase la Figura 2.1).
d) La mejor estimación de la sensibilidad es de 3°C.
e) Obsérvese que el promedio de temperatura mundial en equilibrio es diferente del esperado en la fecha de estabilización de las concentraciones de GEI, debido a la inercia del sistema climático. En la mayoría de los escenarios estudiados, la estabilización de las concentraciones de GEI tiene lugar entre 2100 y 2150 (véase también la Nota 30 de pie de página).
f) El aumento de nivel del mar en equilibrio representa la contribución de la dilatación térmica del océano únicamente, y el equilibrio no se alcanza durante como mínimo varios siglos. Estos valores han sido estimados utilizando modelos climáticos relativamente simples (un MCGAO de baja resolución, y varios MCIT basados en una estimación óptima de la sensibilidad climática: 3°C), y no incluyen contribuciones de la fusión de los mantos de hielo, de los glaciares y de los casquetes de hielo. Según las proyecciones, la dilatación térmica a largo plazo daría lugar a un aumento de entre 0,2 y 0,6 m por grado Celsius de promedio mundial de calentamiento respecto del nivel preindustrial. (MCGAO son las siglas de Modelo de Circulación General Atmósfera-Océano, y MCIT, de Modelo del Sistema Tierra de Complejidad Intermedia.)

[30] En el CIE no se ofrecen estimaciones de la evolución de la temperatura durante el presente siglo para los escenarios de estabilización. Para la mayoría de los niveles de estabilización, el promedio de temperatura mundial alcanza el nivel de equilibrio a lo largo de varios siglos. Para los escenarios de estabilización mucho más modestos (categorías I y II, Figura 5.1), la temperatura de equilibrio podría alcanzarse antes.

conocimientos actuales sobre los efectos recíprocos clima-ciclo del carbono, los estudios mediante modelos parecen indicar que una estabilización de las concentraciones de $CO_2$ en, por ejemplo, 450 ppm[31] podría implicar unas emisiones acumulativas inferiores a 1800 [entre 1370 y 2200] $GtCO_2$ durante el siglo XXI, que representan aproximadamente un 27% menos que las 2460 [entre 2310 y 2600] $GtCO_2$ determinadas haciendo abstracción de los retroefectos del ciclo del carbono. *{ISI 2.3, 3.2.1; GTI 7.3, 10.4, RRP}*

## 5.5 Flujos de tecnología y desarrollo

**Hay un *alto nivel de coincidencia* y *abundante evidencia* de que todos los niveles de estabilización examinados son alcanzables sí se implanta un conjunto escogido de tecnologías actualmente disponibles o previsiblemente comercializadas en los próximos decenios, siempre que existan unos incentivos apropiados y eficaces para el desarrollo, adquisición, implantación y difusión de tecnologías y para hacer frente a los obstáculos aparejados. *{GTIII RRP}***

Para conseguir los objetivos de estabilización y la reducción de los costos sería necesario implantar a nivel mundial tecnologías de emisión bajas en GEI y mejorar las tecnologías mediante I+D+D pública y privada.[32] En la Figura 5.2 se ofrecen algunos ejemplos ilustrativos de la contribución de la cartera de opciones de mitigación. La aportación de diferentes tecnologías varía con el tiempo y de una a otra región, y depende de la vía de desarrollo de referencia, de las tecnologías disponibles y de los costos relativos, así como de los niveles de estabilización analizados. Para alcanzar la estabilización al nivel más bajo de los evaluados (entre 490 y 540 ppm de $CO_2$-eq) es necesario invertir tempranamente, difundir y comercializar mucho más rápidamente tecnologías avanzadas de bajo nivel de emisiones durante los próximos decenios (2000-2030), y recurrir más profusamente a todo tipo de opciones de atenuación a largo plazo (2000-2100). Para ello será necesario hacer frente eficazmente a los obstáculos que dificultan el desarrollo, adquisición, implantación y difusión de las tecnologías, mediante los incentivos apropiados. *{GTIII 2.7, 3.3, 3.4, 3.6, 4.3, 4.4, 4.6, RRP}*

Sin un aflujo continuado de inversiones y una eficaz transferencia de tecnología, podría ser difícil conseguir la reducción de emisiones a una escala apreciable. Es importante movilizar fondos para financiar los costos adicionales que conllevan las tecnologías de bajo contenido de carbono. *{GTIII 13.3, RRP}*

Hay grandes incertidumbres con respecto a la contribución futura de diferentes tecnologías. Sin embargo, todos los escenarios de estabilización evaluados coinciden en que entre el 60 y el 80% de las reducciones a lo largo de este siglo provendrían del suministro y utilización de energía y de los procesos industriales. Se conseguirá

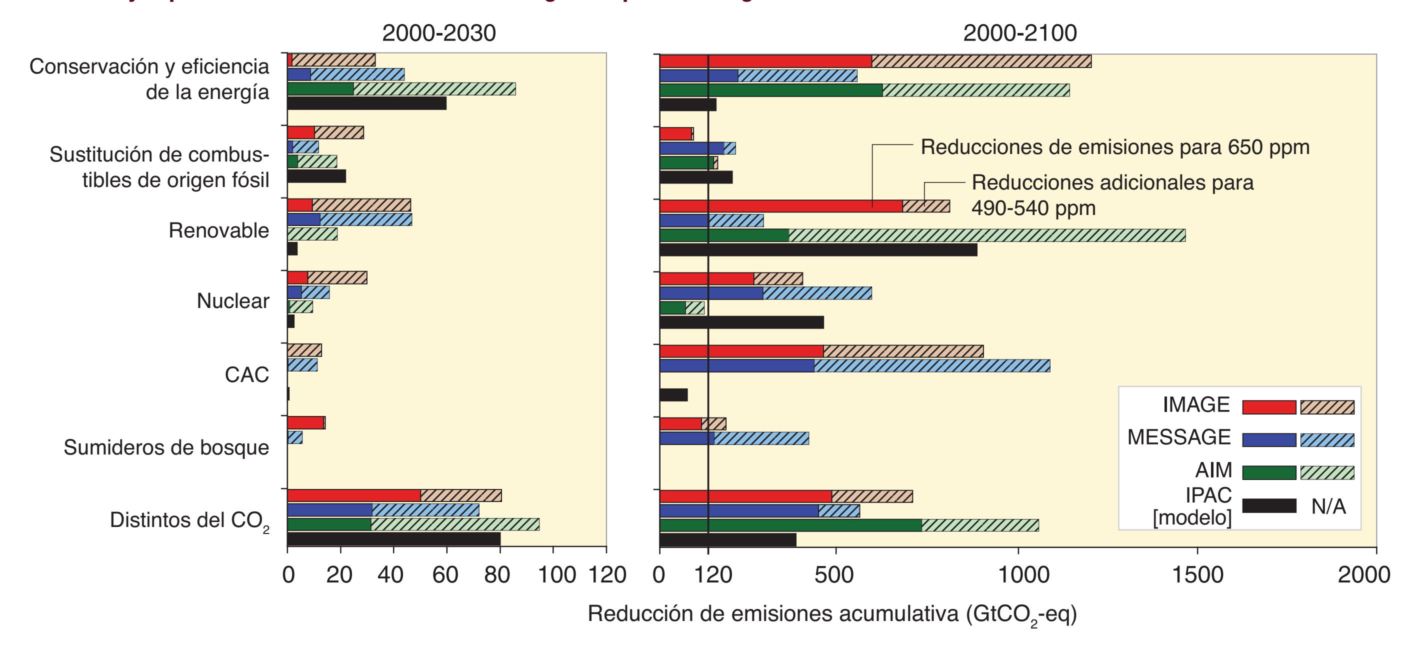



***Figura 5.2*** *Reducciones de emisiones acumulativas resultantes de medidas de mitigación alternativas para el período 2000-2030 (imagen izquierda) y para el 2000-2100 (imagen derecha). En la figura se describen escenarios ilustrativos correspondientes a cuatro modelos (AIM, IMAGE, IPAC y MESSAGE) tendentes a la estabilización en niveles bajos (entre 490 y 540 ppm de $CO_2$-eq) e intermedios (650 ppm de $CO_2$-eq), respectivamente. Las barras de color oscuro denotan reducciones para un objetivo de 650 ppm de $CO_2$-eq, mientras que las barras de color claro denotan las reducciones adicionales necesarias para conseguir el nivel de entre 490 y 540 ppm de $CO_2$-eq. Obsérvese que algunos modelos no contemplan medidas de mitigación basadas en la potenciación de los sumideros de los bosques (AIM y IPAC) o en la CAC (AIM), y que la parte que representan las opciones de energías bajas en carbono respecto del suministro de energía total está también determinada por la inclusión de esas opciones en el escenario de referencia. El concepto de CAC abarca la captación y almacenamiento de $CO_2$ a partir de la biomasa. Los sumideros de bosque incluyen la reducción de emisiones por deforestación. En la figura se describen reducciones de emisiones en escenarios de referencia con unas emisiones acumulativas de entre 6000 y 7000 $GtCO_2$-eq (2000-2100). {GTIII Figura RRP.9}*

[31] Para alcanzar la estabilización en 1000 ppm de $CO_2$, este retroefecto podría implicar que las emisiones acumulativas se redujesen, pasando de un promedio, obtenido de modelos, de aproximadamente 5190 [entre 4910 y 5460] $GtCO_2$ a aproximadamente 4030 [entre 3590 y 4580] $GtCO_2$. {GTI 7.3, 10.4, RRP}

[32] A efectos comparativos, la financiación estatal en términos absolutos reales destinada a la mayoría de los programas de investigación energética se ha mantenido invariable o ha disminuido durante casi dos decenios (incluso a raíz de la entrada en vigor de la CMCC), y se encuentra ahora aproximadamente en la mitad del nivel de 1980. {GTIII 2.7, 3.4, 4.5, 11.5, 13.2}

una mayor flexibilidad y eficacia en términos de costo incluyendo opciones de mitigación con y sin $CO_2$ basadas en los usos de la tierra y en la silvicultura. La eficiencia energética desempeña un papel primordial en numerosos escenarios, en la mayoría de las regiones y escalas temporales. Para unos niveles de estabilización inferiores, los escenarios dan preponderancia a la utilización de fuentes de energía bajas en carbono, como la energía renovable, la energía nuclear o la captación y almacenamiento de $CO_2$ (CAC). En esos escenarios, las mejoras de la intensidad carbónica del suministro de energía y del conjunto de la economía tendrían que ser mucho más rápidas que en el pasado (Figura 5.2). *{GTIII 3.3, 3.4, RT.3, RRP}*

## 5.6 Costos de la mitigación y objetivos de estabilización a largo plazo

**Los costos macroeconómicos de la mitigación son tanto más altos cuanto más estrictos son los objetivos de estabilización, y relativamente más cuantiosos cuando proceden de escenarios de referencia caracterizados por niveles de emisión altos.** ***{GTIII RRP}***

Hay un *alto nivel de coincidencia* y *abundante evidencia* de que en 2050 el promedio mundial de los costos macroeconómicos de una mitigación multigás para alcanzar la estabilización entre 710 y 445 ppm de $CO_2$-eq representa entre un 1% de ganancia y un 5,5% de pérdida de PIB mundial (Tabla 5.2). Estas cifras significarían una ralentización del promedio del crecimiento del PIB mundial anual inferior a 0,12 puntos porcentuales. Las pérdidas de PIB estimadas de aquí a 2030 son, en promedio, inferiores a las de 2050, y sus valores menos dispersos (Tabla 5.2). Para determinados países y sectores, los costos varían considerablemente respecto del promedio mundial.[33] *{GTIII 3.3, 13.3, RRP}*

## 5.7 Costos, beneficios e impactos del clima evitados a nivel mundial y regional

**Los impactos del cambio climático variarán regionalmente. Totalizados y descontados para ajustarlos al día de hoy, es *muy probable* que conlleven un costo anual neto, que aumentará con el tiempo a medida que aumenten las temperaturas mundiales.** ***{GTII RRP}***

Para aumentos del promedio de temperatura mundial inferiores a entre 1 y 3°C respecto de los niveles de 1980-1999, algunos impactos producirán, según las proyecciones, beneficios de mercado en ciertos lugares y sectores, aunque acarrearán costos en otros. En media, las pérdidas mundiales podrían cifrarse en entre el 1% y el 5% del PIB para un calentamiento de 4°C, aunque las pérdidas a nivel regional podrían ser sustancialmente mayores. *{GTII 9.RE, 10.6, 15.RE, 20.6, RRP}*

Estimaciones revisadas por homólogos del costo social del carbono (costos económicos netos de los daños causados por el cambio climático, totalizados en el conjunto del planeta y descontados para equipararlos al día de hoy) correspondientes a 2005 arrojan un promedio de USD12 por tonelada de $CO_2$, aunque la franja de valores correspondiente a 100 estimaciones es amplia (entre -$3 y $95/t$CO_2$). El conjunto de evidencias indicadas en estudios científicos señala que los costos de damnificación netos del cambio climático serían considerables y aumentarían con el tiempo. *{GTII 20.6, RRP}*

Es *muy probable* que las cifras totalizadas a escala mundial subestimen los costos de damnificación, ya que no pueden incluir buen número de impactos no cuantificables. Es *virtualmente cierto* que las estimaciones totalizadas de los costos enmascaran diferencias importantes entre los impactos en función del sector, región, país o población que se examine. En algunos lugares y grupos de población

***Tabla 5.2.*** *Estimación de costos macroeconómicos mundiales en 2030 y en 2050. Los costos están calculados tomando como referencia las trayectorias de menor costo para alcanzar diferentes nivel de estabilización a largo plazo. {GTIII 3.3, 13.3, Tablas RRP.4 y RRP.6}*

| Nivel de estabilización (ppm de $CO_2$-eq) | Mediana de la reducción del PIB [a)] (%) | | Franja de reducción del PIB [b)] (%) | | Reducción del promedio anual de las tasas de crecimiento del PIB (en puntos porcentuales) [c, e)] | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2030 | 2050 | 2030 | 2050 | 2030 | 2050 |
| 445 – 535[d)] | No disponible | | <3 | <5,5 | < 0,12 | < 0,12 |
| 535 – 590 | 0,6 | 1,3 | 0,2 y 2,5 | ligeramente negativo y 4 | < 0,1 | < 0,1 |
| 590 – 710 | 0,2 | 0,5 | -0,6 y 1,2 | -1 y 2 | < 0,06 | < 0,05 |

Notas:
Los valores indicados en esta tabla corresponden al conjunto de todas las publicaciones científicas para todos los niveles de referencia y escenarios de mitigación que arrojan cifras del PIB.
a) PIB mundial basado en los tipos de cambio de mercado.
b) Se indican cuando proceden los percentilos 10 y 90 de los datos analizados. Los valores negativos indican aumentos del PIB. En la primera línea (445-535 ppm de $CO_2$-eq) se indica la cota superior estimada de los estudios publicados únicamente.
c) El cálculo de la reducción de la tasa de crecimiento anual está basado en el promedio de la reducción conseguida durante el período estudiado que daría lugar a la disminución indicada del PIB de aquí a 2030 y a 2050, respectivamente.
d) El número de estudios es relativamente pequeño, y sus niveles de referencia suelen ser bajos. Niveles de referencia de las emisiones altos suelen arrojar costos superiores.
e) Los valores corresponden a la estimación más alta de la reducción del PIB (tercera columna).

[33] Véase la Nota 24 de pie de página para una más amplia información sobre las estimaciones de costo y los supuestos en que se basan los modelos.

de alto nivel de exposición, sensibilidad acentuada y/o capacidad adaptativa baja, los costos netos serán considerablemente superiores al promedio mundial. *{GTII 7.4, 20.RE, 20.6, 20.RE, RRP}*

**Un número limitado e incipiente de resultados analíticos obtenidos mediante análisis integrados de los costos y beneficios mundiales de la mitigación indican que son, en líneas generales, comparables en magnitud, aunque no permiten todavía determinar sin ambigüedad una trayectoria de emisiones o nivel de estabilización cuyos beneficios sean superiores a los costos.** ***{GTIII RRP}***

Para comparar los costos de mitigación con los daños evitados sería necesario conciliar los impactos sobre el bienestar de las poblaciones que habitan en lugares diferentes y en fechas distintas, a fin de obtener un indicador totalizado mundial del bienestar. *{GTII 18.RE}*

Para poder elegir una escala y una cronología de mitigación de los GEI es necesario sopesar los costos económicos de una reducción más rápida de las emisiones con carácter inmediato frente a los riesgos climáticos que acarrearía la dilación, a medio y a largo plazo. *{GTIII RRP}*

**Gran número de impactos pueden ser evitados, reducidos o retardados mediante medidas de mitigación.** ***{GTII RRP}***

Aunque el pequeño número de evaluaciones de impacto que abordan escenarios de estabilización no toman plenamente en cuenta todas las incertidumbres del clima proyectado en condiciones de estabilización, sí aportan indicaciones de los daños que se evitarían y de los riesgos que se reducirían para diferentes magnitudes de reducción de las emisiones. La tasa y magnitud del futuro cambio climático antropógeno y sus correspondientes impactos se determinan en base a diversas definiciones de futuros socioeconómicos alternativos y de iniciativas de mitigación que influyen en las trayectorias de emisiones. En la Figura 3.2 puede verse que distintas trayectorias de emisiones IEEE alternativas podrían arrojar diferencias sustanciales en cuanto al cambio climático proyectado para el siglo XXI. Algunos de los impactos asociados a las temperaturas más altas de la Figura 3.6 podrían ser evitados adoptando unas vías de desarrollo socioeconómico que limiten las emisiones y el correspondiente a cambio climático hacia la franja inferior de valores indicada en esa misma figura. *{IDS 3.2, 3.3; GTIII 3.5, 3.6, RRP}*

En la Figura 3.6 puede verse cómo un menor calentamiento podría reducir, por ejemplo, el riesgo de afectar a un número considerable de ecosistemas, los riesgos de extinción, o las probabilidades de que la productividad cerealera en algunas regiones tienda a disminuir. *{ISI 3.3, Figura 3.6; GTII 4.4, 5.4, Tabla 20.6}*

## 5.8 Cuestiones medioambientales y de sostenibilidad más generales

**El desarrollo sostenible puede reducir la vulnerabilidad al cambio climático y el cambio climático podría entorpecer la capacidad de los países para adoptar vías de desarrollo sostenibles.** ***{GTII RRP}***

Es *muy probable* que el cambio climático ralentice el avance hacia el desarrollo sostenible, o bien directamente, por una mayor exposición a sus efectos adversos, o indirectamente, por desgaste de la capacidad de adaptación. Durante el próximo medio siglo, el cambio climático podría dificultar la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio. *{GTII RRP}*

El cambio climático interactúa en todas las escalas con otras tendencias mundiales preocupantes en relación con el medio ambiente y con los recursos naturales (agua, suelos y polución del aire, fenómenos peligrosos para la salud, riesgos de desastre, o deforestación). Sus efectos conjuntos podrían potenciarse en un futuro en ausencia de unas medidas de mitigación y adaptación integradas. *{GTII 20.3, 20.7, 20.8, RRP}*

**Un desarrollo más sostenible puede potenciar las capacidades de mitigación y de adaptación, y reducir las emisiones y la vulnerabilidad, pero su puesta en práctica podría ser dificultosa.** ***{GTII 20.8; GTIII 12.2, RRP}***

El desarrollo sostenible puede potenciar tanto la capacidad de adaptación como la de mitigación. El desarrollo sostenible, por consiguiente, puede reducir la vulnerabilidad al cambio climático aminorando las sensibilidades (mediante adaptación) y/o la exposición (mediante mitigación). En la actualidad, sin embargo, son pocos los planes de fomento de la sostenibilidad que incluyen explícitamente la adaptación a los efectos del cambio climático o la promoción de una capacidad adaptativa. Análogamente, la reorientación de las vías de desarrollo puede contribuir en gran medida a la mitigación, pero necesitará de recursos para superar múltiples obstáculos. *{GTII 20.3, 20.5, RRP; GTIII 2.1, 2.5, 12.1, RRP}*

# 6

# Conclusiones sólidas, incertidumbres clave

# Conclusiones sólidas, incertidumbres clave

Al igual que en el TIE, se dice que una conclusión (en relación con el cambio climático) es sólida cuando es válida para diversos planteamientos, métodos, modelos y supuestos y cuando es de esperar que resulte relativamente poco afectada por las incertidumbres. Las incertidumbres clave son aquellas que, de reducirse, podrían dar lugar a nuevas conclusiones sólidas. *{TIE IDS C.9}*

No todas las conclusiones clave del CIE son sólidas. Algunas podrían ser de interés para las políticas, pese a estar asociadas a valores de incertidumbre altos. *{GTII 20.9}*

Las conclusiones sólidas e incertidumbres clave que se indican a continuación no representan una lista exhaustiva.

## 6.1 Cambios observados del clima: efectos y causas

### Conclusiones sólidas

El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como evidencia ya el aumento observado del promedio mundial de las temperaturas del aire y del océano, la fusión generalizada de nieves y hielos, y el aumento del promedio mundial de nivel del mar. *{GTI 3.9, RRP}*

Muchos sistemas naturales, en todos los continentes y en algunos océanos, están siendo afectados por cambios climáticos regionales. Los cambios observados en numerosos sistemas físicos y biológicos son coherentes con el calentamiento. La incorporación de $CO_2$ antropógeno desde 1750 ha intensificado la acidez de las capas superficiales del océano. *{GTI 5.4, GTII 1.3}*

El total mundial anual de emisiones de GEI antropógenas, ponderado mediante los PCM a 100 años, ha aumentado en un 70% entre 1970 y 2004. Por efecto de las emisiones antropógenas, las concentraciones de $N_2O$ en la atmósfera sobrepasan actualmente con mucho los valores de la era preindustrial a lo largo de miles de años, y los de $CH_4$ y $CO_2$ exceden también con mucho de los valores naturales existentes en los últimos 650.000 años. *{GTI RRP; GTIII 1.3}*

El promedio mundial del calentamiento de los últimos 50 años se debe *muy probablemente*, en su mayor parte, a los aumentos de GEI antropógenos, y es *probable* que, en promedio para cada continente (excepto la Antártida), esté teniendo lugar un calentamiento discernible inducido por los seres humanos. *{GTI 9.4, RRP}*

El calentamiento antropógeno de los tres últimos decenios ha ejercido *probablemente* una influencia discernible a escala mundial sobre los cambios observados en gran número de sistemas físicos y biológicos. *{GTII 1.4, RRP}*

### Incertidumbres clave

La cobertura de datos climáticos sigue siendo limitada en algunas regiones, y existe un desequilibrio geográfico notable en los datos y estudios científicos sobre los cambios observados en los sistemas naturales y gestionados, siendo muy escasos los dedicados a países en desarrollo. *{GTI RRP; GTII 1.3, RRP}*

Los cambios experimentados por los fenómenos extremos, como las sequías, los ciclones tropicales, las temperaturas extremas o la frecuencia e intensidad de las precipitaciones, son más difíciles de analizar y de monitorizar que los promedios climáticos, ya que requieren series temporales de datos más prolongadas y resoluciones espaciales y temporales más altas. *{GTI 3.8, RRP}*

Los efectos de los cambios climáticos sobre los sistemas humanos y sobre ciertos sistemas naturales son difíciles de detectar, debido a la adaptación y a los originantes no climáticos. *{GTII 1.3}*

Subsisten dificultades para simular con resultados fiables los cambios de temperatura observados y para atribuirlos a causas naturales o humanas a escalas inferiores a la continental. A esas escalas, factores tales como los cambios de uso de la tierra o la polución pueden hacer más difícil detectar la influencia del calentamiento antropógeno sobre los sistemas físicos y biológicos. *{GTI 8.3, 9.4, RRP; GTII 1.4, RRP}*

La magnitud de las emisiones de $CO_2$ vinculadas a los cambios de uso de la tierra y de las emisiones de $CH_4$ de fuentes individualizadas siguen siendo incertidumbres clave. *{GTI 2.3, 7.3, 7.4; GTIII 1.3, RT.14}*

## 6.2 Originantes y proyecciones de cambios climáticos futuros, y sus impactos

### Conclusiones sólidas

De subsistir las políticas actuales de mitigación del cambio climático y las correspondientes prácticas de desarrollo sostenible, las emisiones de GEI mundiales seguirán aumentando durante los próximos decenios. *{GTIII 3.2, RRP}*

Durante los próximos dos decenios las proyecciones indican un calentamiento de aproximadamente 0,2°C por decenio para toda una franja de escenarios de emisiones IEEE. *{GTI 10.3, 10.7, RRP}*

El mantenimiento de las emisiones de GEI en tasas actuales o superiores ocasionaría un mayor calentamiento e induciría numerosos cambios en el sistema climático mundial durante el siglo XXI, que *muy probablemente* serían mayores que los observados durante el siglo XX. *{GTI 10.3, 11.1, RRP}*

La pauta de calentamiento futuro en que la tierra firme se calienta más que los océanos adyacentes y en mayor medida en latitudes altas septentrionales aparece en todos los escenarios. *{GTI 10.3, 11.1, RRP}*

El calentamiento tiende a reducir la incorporación de $CO_2$ atmosférico por el ecosistema terrestre y por los océanos, incrementando así la fracción de emisiones antropógenas que permanece en la atmósfera. *{GTI 7.3, 10.4, 10.5, RRP}*

El calentamiento antropógeno y el aumento de nivel del mar proseguirían durante siglos aunque las emisiones de GEI se redujesen lo suficiente para estabilizar las concentraciones de GEI, debido a las escalas de tiempo en que se desarrollan los procesos y retroefectos climáticos. *{GTI 10.7, RRP}*

Es *muy improbable* que la sensibilidad climática en equilibrio sea inferior a 1,5°C. *{GTI 8.6, 9.6, Recuadro 10.2, RRP}*

Es *probable* que algunos sistemas, sectores y regiones resulten especialmente afectados por el cambio climático. Los sistemas y sectores son: ciertos ecosistemas (tundras, bosques boreales, montañas, ecosistemas de tipo mediterráneo, manglares, marismas, arrecifes de coral, y el bioma de los hielos marinos), las costas bajas, los recursos hídricos en algunas regiones secas de latitudes medias, en los trópicos y subtrópicos secos y en las áreas que dependen de la nieve y el hielo fundidos, la agricultura en regiones de latitud baja, y la salud humana en áreas de escasa capacidad adaptativa. Las regiones son: el Ártico, África, las islas pequeñas, y los grandes deltas de Asia y África. En otras regiones, incluso en algunas con alto nivel de ingresos, ciertas poblaciones, áreas y actividades pueden estar particularmente en riesgo. *{GTII RT.4.5}*

Es *muy probable* que los impactos aumenten debido a una mayor frecuencia e intensidad de ciertos fenómenos meteorológicos extremos. Sucesos recientes han evidenciado la vulnerabilidad de algunos sectores y regiones, incluso en países desarrollados, a olas de calor, ciclones tropicales, crecidas y sequías, que resulta más preocupante que en las conclusiones del TIE. *{GTII Tabla RRP.2, 19.3}*

## Incertidumbres clave

La incertidumbre con respecto a la sensibilidad climática en equilibrio implica a su vez una incertidumbre con respecto al calentamiento esperado para un escenario de estabilización de $CO_2$-eq dado. La incertidumbre con respecto al retroefecto del ciclo del carbono implica también incertidumbre acerca de la trayectoria de emisiones necesaria para alcanzar un nivel de estabilización dado. *{GTI 7.3, 10.4, 10.5, RRP}*

Los modelos difieren considerablemente en sus estimaciones de la intensidad de diferentes retroefectos del sistema climático, particularmente los retroefectos de nube, la incorporación de calor por el océano y los retroefectos del ciclo del carbono, aunque se ha avanzado en estos respectos. Asimismo, la confianza en las proyecciones es mayor cuando se trata de ciertas variables (por ejemplo, temperatura) que de otras (por ejemplo, precipitación), y también cuanto mayores son las escalas espaciales y los períodos de promediación. *{GTI 7.3, 8.1-8.7, 9.6, 10.2, 10.7, RRP; GTII 4.4}*

Los impactos de los aerosoles sobre la magnitud de la respuesta de la temperatura sobre las nubes y la precipitación siguen siendo inciertos. *{GTI 2.9, 7.5, 9.2, 9.4, 9.5}*

Los cambios futuros de la masa del manto de hielo de Groenlandia y de la región antártica, particularmente por efecto de la alteración de los flujos de hielo, constituyen una de las principales fuentes de incertidumbre, que podrían incrementar la magnitud del aumento de nivel del mar proyectado. La incertidumbre acerca de la penetración de calor en los océanos contribuye también a la incertidumbre sobre el aumento futuro de nivel del mar. *{GTI 4.6, 6.4, 10.3, 10.7, RRP}*

No es posible evaluar con fiabilidad los cambios en gran escala de la circulación oceánica a partir del siglo XXI, debido a las incertidumbres acerca del aporte de agua de deshielo del manto de hielo de Groenlandia y de la respuesta de los modelos al calentamiento. *{GTI 6.4, 8.7, 10.3 }*

A partir de 2050 aproximadamente, las proyecciones del cambio climático y de sus impactos dependen estrechamente de los escenarios y de los modelos, y para mejorarlas sería necesario conocer más a fondo las fuentes de incertidumbre e introducir mejoras en las redes de observación sistemática. *{GTII RT.6}*

La investigación de los impactos se ve dificultada por incertidumbres en torno a las proyecciones del cambio climático, y particularmente de la precipitación, a nivel regional. *{GTII RT.6}*

El conocimiento de los fenómenos de baja probabilidad y fuerte impacto, así como de los impactos acumulativos de las secuencias de fenómenos de baja magnitud, que serían necesarios para definir metodologías de toma de decisiones en función del riesgo, son en general limitados. *{GTII 19.4, 20.2, 20.4, 20.9, RT.6}*

# 6.3 Respuestas al cambio climático

## Conclusiones sólidas

Existe ya un cierto grado de adaptación planificada (de las actividades humanas); para reducir la vulnerabilidad al cambio climático será necesario que la adaptación sea de mayor alcance. *{GTII 17.RE, 20.5, Tabla 20.6, RRP}*

En ausencia de medidas de mitigación, el cambio climático desbordaría *probablemente*, a largo plazo, la capacidad de adaptación de los sistemas naturales, gestionados y humanos. *{GTII 20.7, RRP}*

Se dispone ya (o, según las proyecciones, se dispondrá de aquí a 2030) de un amplio abanico de opciones de mitigación en todos los sectores. El potencial de mitigación económico, a un costo que abarca desde valores netos negativos hasta un máximo de USD100/t$CO_2$-equivalente, bastaría para compensar el crecimiento proyectado de las emisiones mundiales o para reducir las emisiones a unos niveles inferiores a los actuales en el año 2030. *{GTIII 11.3, RRP}*

Muchos impactos pueden ser reducidos, retardados o evitados mediante medidas de mitigación. Los esfuerzos y las inversiones de los dos o tres próximos decenios influirán en gran medida en las oportunidades de conseguir unos niveles de estabilización más bajos. Un aplazamiento de la reducción de emisiones limita considerablemente las oportunidades de alcanzar unos niveles de estabilización más bajos e incrementa el riesgo de impactos más graves del cambio climático. *{GTII RRP, GTIII RRP}*

Los niveles de estabilización para las concentraciones de GEI estudiadas pueden conseguirse implantando una cartera de tecnologías disponibles en la actualidad, más otras que previsiblemente se comercializarán en los decenios próximos, siempre y cuando haya unos incentivos apropiados y eficaces y se eliminen los obstáculos. Además, sería necesario insistir en las actividades de I+D+D para mejorar el rendimiento técnico, reducir costos y conseguir la aceptación social de las nuevas tecnologías. Cuanto más bajos sean los niveles de estabilización, mayor será la necesidad de invertir en nuevas tecnologías durante los próximos decenios. *{GTIII 3.3, 3.4}*

La modificación de las vías de desarrollo para conseguir un desarrollo más sostenible puede contribuir en gran medida a las medidas mitigación y adaptación al cambio climático y a la reducción de la vulnerabilidad. *{GTII 18.7, 20.3, RRP; GTIII 13.2, RRP}*

Las decisiones sobre políticas macroeconómicas y de otra índole aparentemente no relacionadas con el cambio climático pueden afectar considerablemente a las emisiones. *{GTIII 12.2}*

## Incertidumbres clave

No se conoce con detalle en qué manera incorporan los planificadores de desarrollo en sus decisiones la información sobre la variabilidad climática y el cambio climático. Ello limita las posibilidades de realizar una evaluación integrada de la vulnerabilidad. *{GTII 18.8, 20.9}*

La evolución y utilización de la capacidad de adaptación y de mitigación dependerá de las vías de desarrollo socioeconómico que se emprendan. *{GTII 17.3, 17.4, 18.6, 19.4, 20.9}*

No se conocen en detalle los obstáculos, limitaciones y costos de la adaptación, en parte porque las medidas de adaptación dependen en gran medida de determinados factores de riesgo geográficos y climáticos y de limitaciones institucionales, políticas y financieras. *{GTII RRP}*

La estimación de los costos y potenciales de mitigación dependerá de los supuestos que se adopten con respecto al crecimiento socioeconómico, al cambio tecnológico y a las pautas de consumo futuros. Generan incertidumbres, en particular, los supuestos con respecto a los originantes de la difusión de las tecnologías, al potencial de efectividad tecnológica a largo plazo, y a la mejora de los costos. Asimismo, es poco lo que se sabe con respecto a los efectos de los cambios sobre los comportamientos y los modos de vida. *{GTIII 3.3, 3.4, 11.3}*

Los efectos de las políticas no climáticas sobre las emisiones están insuficientemente cuantificados. *{GTIII 12.2}*

# Anexo I

## Guía del usuario y acceso a una más amplia información

Tal como se ha definido en los procedimientos del IPCC, el Informe de síntesis (IDS) sintetiza e integra el material contenido en los informes de evaluación e Informes Especiales del IPCC. El IDS del Cuarto Informe de Evaluación incorpora material aportado al CIE por los tres Grupos de trabajo, y se nutre de información contenida en otros informes del IPCC, según el caso. El IDS está basado exclusivamente en las evaluaciones de los Grupos de trabajo del IPCC, y no contiene referencias a las publicaciones científicas básicas ni juzga sus conclusiones.

El contenido del IDS es razonablemente completo, pero ofrece únicamente un resumen muy condensado de la información, mucho más amplia, contenida en los informes de los Grupos de expertos en que se basa. Para una consulta más detallada, el material está distribuido como sigue:

- El Resumen para responsables de políticas (RRP) del IDS contiene el resumen más condensado de nuestros conocimientos actuales acerca de los aspectos científicos, técnicos y socioeconómicos del cambio climático. En el Resumen para responsables de políticas, todas las referencias que figuran entre llaves tipográficas remiten a las secciones numeradas del presente IDS.

- La Introducción y los seis Temas del presente IDS aportan información más detallada y completa que el RRP del IDS. En la Introducción y en los seis Temas del presente IDS, las referencias entre llaves tipográficas remiten a diversas secciones de los capítulos, Resúmenes para responsables de políticas y Resúmenes técnicos de los tres informes de los Grupos de trabajo en que se basa el CIE y, en algunos casos, a otras secciones temáticas del propio IDS. Las referencias al Tercer Informe de Evaluación (TIE) del IPCC, correspondiente a 2001, se identifican mediante las siglas "TIE", que precederán el nombre del informe citado.

- Quien desee conocer más a fondo los pormenores científicos o acceder a las publicaciones científicas básicas de las que se ha nutrido el IDS puede consultar los capítulos y secciones correspondientes de los informes de Grupos de trabajo mencionados en el informe extenso del IDS. En esos capítulos se incluyen referencias completas a la bibliografía científica básica consultada para las evaluaciones del IPCC, y se ofrece la información más detallada, por regiones y por sectores.

Se incluye a continuación un glosario completo, más una lista de siglas, abreviaturas y unidades científicas, además de un índice, para que el presente informe pueda ser utilizado por una audiencia lo más amplia posible.

# Anexo II

## Glosario

**Edición a cargo de:** Alfons P. M. Baede (Países Bajos)

**En colaboración con:** Paul van der Linden (Reino Unido), Aviel Verbruggen (Bélgica)

El presente Glosario está basado en los glosarios publicados en las contribuciones previas de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC. Se han introducido mejoras añadiendo nuevos términos, cuidando la coherencia y abreviando las definiciones para adecuar el glosario a una audiencia más amplia.

Las cursivas del texto denotan: *referencias a otros términos del Glosario*; *referencias secundarias del Glosario* (es decir, términos que figuraban ya en alguno de los glosarios de las contribuciones previas de los Grupos de trabajo del IPCC al CIE, o que han sido definidos en el texto de alguna de las definiciones del presente Glosario).

A.

### Absorción, dispersión y emisión de radiación

La radiación electromagnética puede interactuar con la materia de distintas maneras, tanto si se trata de átomos o moléculas de un gas (por ejemplo, un gas *atmosférico*) como de partículas sólidas o líquidas (por ejemplo, un *aerosol*). La materia, por sí misma, ***emite*** radiación en función de su composición y de su temperatura. La radiación puede ser absorbida por la materia, y la energía ***absorbida*** puede ser, a su vez, transferida o reemitida. Por último, la radiación puede ser también desviada de su trayectoria original (***dispersada***) por efecto de su interacción con la materia.

### Acción voluntaria

Programas no formales, compromisos adoptados motu proprio y declaraciones en que las partes que emprenden la acción (empresas o grupos de empresas) establecen sus propios objetivos y, frecuentemente, asumen por sí mismos las actividades de monitoreo y de presentación de informes.

### Acidificación del océano

Disminución del *pH* del agua de mar por incorporación de *dióxido de carbono antropógeno*.

### Acoplamiento clima-ciclo del carbono

El *cambio climático* futuro inducido por las emisiones atmosféricas de *gases de efecto invernadero* afectará al ciclo del carbono mundial. Los cambios del ciclo del carbono mundial, a su vez, influirán en la fracción de gases de efecto invernadero antropógenos que permanece en la atmósfera y, por consiguiente, en las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero, lo que intensificará el cambio climático. Este *retroefecto* se denomina *acoplamiento clima-ciclo del carbono*. La primera generación de modelos acoplados clima-ciclo del carbono indica que el calentamiento mundial incrementará la fracción de $CO_2$ antropógeno que permanece en la atmósfera.

### Actividades de aplicación conjunta (AAC)

Fase piloto de la *aplicación conjunta*, tal como se define en el Artículo 4.2 a) de la *Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) de las Naciones Unidas,* que contempla la realización de proyectos conjuntos entre países desarrollados (y sus empresas) y entre países desarrollados y en desarrollo (y sus empresas). Las AAC están concebidas para que las Partes en la CMCC adquieran experiencia en actividades de proyectos ejecutados de forma conjunta. Las AAC no devengan ningún crédito durante la fase piloto. Aún se debe decidir sobre el futuro de los proyectos de AAC y su relación con los *Mecanismos de Kyoto*. Por constituir una modalidad simple de permisos negociables, las AAC y otros esquemas basados en el mercado son mecanismos capaces de estimular flujos adicionales de recursos para reducir las emisiones. Véase también *Mecanismo para un desarrollo limpio y Comercio de derechos de emisión*.

### Actividad solar

El Sol atraviesa períodos de intensa actividad, que se manifiestan en la abundancia de manchas solares, en su producción radiativa, en su actividad magnética y en su emisión de partículas de alta energía. Estas variaciones acaecen en escalas de tiempo que abarcan desde millones de años hasta minutos.

### Acuerdo voluntario

Acuerdo entre una autoridad gubernamental y una o más partes privadas para lograr objetivos medioambientales, o para mejorar los resultados medioambientales más allá del *cumplimiento* de las obligaciones estipuladas. No todos los acuerdos voluntarios son realmente voluntarios; algunos incluyen incentivos y/o penalizaciones vinculados a la adhesión o al cumplimiento de los compromisos.

### Adaptación

Iniciativas y medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos reales o esperados de un *cambio climático*. Existen diferentes tipos de adaptación; por ejemplo: *preventiva* y *reactiva*, *privada* y *pública*, y *autónoma* y *planificada*. Algunos ejemplos de adaptación son la construcción de diques fluviales o costeros, la sustitución de plantas sensibles al choque térmico por otras más resistentes, etc.

### Aerosol

Conjunto de partículas sólidas o líquidas presentes en el aire, de tamaño generalmente comprendido entre 0,01 y 10 micrómetros (millonésimas de metro), que permanecen en la atmósfera durante varias horas o más. Los aerosoles pueden ser de origen natural o *antropógeno*. Pueden influir en el *clima* de varias maneras: directamente, dispersando y *absorbiendo* radiación, o indirectamente, actuando como núcleos de condensación de nube o modificando las propiedades ópticas y el período de vida de las nubes.

### Albedo

Fracción de *radiación solar* reflejada por una superficie u objeto, frecuentemente expresada en términos porcentuales. El albedo de los suelos puede adoptar valores altos, como en las superficies cubiertas de nieve, o bajos, como en las superficies cubiertas de vegetación y los océanos. El albedo del Planeta Tierra varía principalmente en función de la nubosidad, de la nieve, del hielo, de la superficie foliar y de los cambios en la cubierta del suelo.

### Alpina

Zona biogeográfica constituida por laderas de altura superior a las lindes de la vegetación arbórea, caracterizada por la presencia de formaciones de plantas herbáceas en forma de roseta y de plantas leñosas arbustivas de escasa altura y lento crecimiento.

### Antropógeno

Resultante de la actividad del ser humano o producido por este.

### Aplicación conjunta (AC)

Mecanismo de implementación basado en el mercado y definido en el Artículo 6 del *Protocolo de Kyoto*, que permite a los países del Anexo I o a las empresas de esos países ejecutar conjuntamente proyectos que limiten o reduzcan sus emisiones o que potencien sus *sumideros*, y compartir sus unidades de reducción de emisiones. Las actividades de AC están también permitidas en virtud del Artículo 4.2 a) de la *Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) de las Naciones Unidas.* Véase también *Mecanismo de Kyoto; Actividades de aplicación conjunta.*

### Aprendizaje por la práctica
A medida que los investigadores y las empresas se familiarizan con un nuevo proceso tecnológico, o que adquieren experiencia gracias al aumento de la producción, pueden descubrir medios para mejorar los procesos y reducir los costos. El aprendizaje por la práctica es una modalidad de cambio tecnológico basada en la experiencia.

### Arrecife de coral
Estructura de caliza de apariencia rocosa formada por *corales* a lo largo de las costas oceánicas (*arrecifes litorales*), o sobre bancos o plataformas sumergidos a escasa profundidad (*barreras coralinas, atolones*), y especialmente profusa en los océanos tropicales y subtropicales.

### Atmósfera
Envoltura gaseosa que circunda la Tierra. La atmósfera seca está compuesta casi enteramente por nitrógeno (coeficiente de mezclado volumétrico: 78,1%) y oxígeno (coeficiente de mezclado volumétrico: 20,9%), más cierto número de gases traza, como el argón (coeficiente de mezclado volumétrico: 0,93%), el helio, y ciertos gases de efecto invernadero radiativamente activos, como el *dióxido de carbono* (coeficiente de mezclado volumétrico: 0,035%) o el *ozono*. Además, la atmósfera contiene vapor de agua, que es también un gas de efecto invernadero, en cantidades muy variables aunque, por lo general, con un coeficiente de mezclado volumétrico de 1% aproximadamente. La atmósfera contiene también nubes y *aerosoles.*

### Atribución de causas
Véase *Detección y atribución.*

## B.

### Balance de energía
Diferencia entre los valores totales de energía entrante y saliente del *sistema climático*. Si el balance es positivo, se produce un calentamiento; si es negativo, sobreviene un enfriamiento. Promediado a nivel mundial y durante largos períodos de tiempo, este balance ha de ser igual a cero. Como el *sistema climático* obtiene virtualmente toda su energía del Sol, un balance nulo implica que a nivel mundial la cantidad de *radiación solar* entrante debe ser, en promedio, igual a la suma de la *radiación solar* reflejada saliente más la *radiación infrarroja térmica* saliente emitida por el sistema climático. Toda alteración del balance de radiación mundial, ya sea *antropógeno* o natural, se denomina *forzamiento radiativo*.

### Balance de masa (de glaciares, casquetes polares o mantos de hielo)
En una formación de hielo, diferencia entre el insumo de masa (acumulación) y la pérdida de masa (por ablación o desgajamiento de icebergs). El balance de masa contiene los términos siguientes:

*Balance de masa específico:* Pérdida o ganancia de masa neta durante un *ciclo hidrológico* en un punto de la superficie de un *glaciar.*

*Balance de masa total* (del glaciar): Resultado de integrar el balance de masa específico para la superficie total del glaciar; masa total adquirida o perdida por un glaciar a lo largo de un ciclo hidrológico.

*Balance de masa específico medio:* Balance de masa total por unidad de área del glaciar. Cuando se especifica la superficie (*balance de masa superficial específico*, etc.) no se toman en cuenta los aportes en forma de flujo de hielo; en caso contrario, el balance de masa recoge los flujos del hielo aportados y el desgajamiento de icebergs. El balance de masa superficial específico es positivo en el área de acumulación y negativo en el área de ablación.

### Banco de nieve
Acumulación estacional de nieve que se funde lentamente.

### Beneficios adaptatorios
Costos evitados en concepto de daños, o beneficios obtenidos tras la adopción y aplicación de medidas de *adaptación.*

### Beneficios de mercados netos
El *cambio climático*, especialmente si es moderado, acarreará previsiblemente impactos positivos y negativos sobre los sectores dependientes del mercado, aunque con importantes diferencias entre diferentes sectores y *regiones,* y en función tanto de la tasa como de la magnitud del cambio. La suma de los beneficios y *costos* de mercado positivos y negativos respecto del conjunto de sectores y regiones durante un período dado se denomina *beneficio de mercado neto*. Los beneficios de mercado neto excluyen los *impactos no de mercado.*

### Biocombustible
Combustible producido a partir de materia orgánica o de aceites combustibles de origen vegetal. Son biocombustibles el alcohol, la lejía negra derivada del proceso de fabricación de papel, la madera, o el aceite de soja.

### Biodiversidad
Toda la diversidad de organismos y de ecosistemas existentes en diferentes escalas espaciales (desde el tamaño de un gen hasta la escala de un *bioma*).

### Bioma
Uno de los principales elementos regionales de la *biosfera*, claramente diferenciado, generalmente constituido por varios ecosistemas (por ejemplo: *bosques*, ríos, estanques, o pantanos de una misma *región con condiciones climáticas similares*). Los biomas están caracterizados por determinadas comunidades vegetales y animales típicas.

### Bioma de hielo marino
*Bioma* constituido por el conjunto de organismos marinos que viven en el interior o en la superficie de los hielos marinos flotantes (agua de mar congelada) de los océanos polares.

### Biomasa
Masa total de organismos vivos presentes en un área o volumen dado; el material vegetal recientemente muerto suele estar conceptuado como biomasa muerta. La cantidad de biomasa se expresa mediante su peso en seco o mediante su contenido de *energía,* de carbono o de nitrógeno.

### Biosfera
Parte del sistema Tierra que abarca todos los *ecosistemas* y organismos vivos de la *atmósfera*, de la tierra firme (*biosfera terrestre*) o de los océanos (*biosfera marina*), incluida la materia orgánica muerta resultante de ellos, en particular los restos, la materia orgánica del suelo y los detritus oceánicos.

### Bosque
Tipo de vegetación en que predominan los árboles. Las definiciones de 'bosque' en distintos lugares del mundo son muy diversas, en consonancia con la diversidad de condiciones biogeofísicas y de estructuras sociales y económicas. En el marco del *Protocolo de Kyoto* rigen ciertos criterios particulares. Este término y otros de parecida índole, como *forestación, reforestación* o *deforestación*, se examinan en el Informe especial del IPCC sobre uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (IPCC, 2000). Véase también el Report on Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types (IPCC, 2003).

### Bosque boreal
Extensión boscosa de pinos, piceas, abetos y alerces que abarca desde la costa oriental de Canadá hacia el oeste, hasta Alaska, y que continúa desde Siberia, atravesando toda Rusia, hasta la llanura europea.

## C.

### Cambio climático
Variación del estado del *clima* identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales, a *forzamientos externos* o a cambios *antropógenos* persistentes de la composición de la *atmósfera* o del *uso de la tierra*. La *Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) de las Naciones Unidas*, en su Artículo 1, define el cambio climático como "cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables". La CMCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales. Véase también *Variabilidad climática; Detección y atribución*.

### Cambio climático abrupto
El carácter no lineal del *sistema climático* puede inducir *cambios climáticos* abruptos, denominados también *cambios climáticos rápidos*, *episodios abruptos*, o incluso *sorpresas*. El término *abrupto* denota generalmente escalas de tiempo más rápidas que la del forzamiento que induce los cambios. Sin embargo, no todos los cambios climáticos abruptos responden necesariamente a un *forzamiento externo*. Se han sugerido episodios abruptos de reorganización cualitativa de la circulación termohalina, de desglaciación rápida y deshielo masivo de *permafrost*, o de aumento de la respiración de los suelos hasta el punto de inducir cambios rápidos en el *ciclo de carbono*. Otros, verdaderamente inesperados, estarían ocasionados por un proceso de forzamiento rápido e intenso de un sistema no lineal.

### Cambio de nivel del mar/Aumento de nivel del mar
El nivel del mar puede cambiar, tanto en términos mundiales como locales, por efecto de: i) cambios de conformación de las cuencas oceánicas, ii) cambios de la masa total de agua, o iii) cambios de la densidad del agua. En condiciones de calentamiento mundial, el aumento de nivel del mar puede estar inducido por un aumento de la masa de agua total procedente del deshielo de la nieve y hielo terrestres, o por un cambio de densidad del agua debido al aumento de la temperatura del agua del océano o a una mayor salinidad. El *aumento de nivel del mar* es relativo cuando el nivel del océano aumenta localmente respecto del terrestre, debido a una elevación del océano y/o al hundimiento de la tierra. Véase también *Nivel medio del mar, Dilatación térmica*.

### Cambio estructural
Modificación, por ejemplo, del porcentaje relativo de *Producto interno bruto* que generan los sectores industriales, agrícolas o de servicios de una economía; en términos más generales, transformaciones experimentadas por un sistema cuando algunos de sus componentes son sustituidos efectiva o potencialmente por otros.

### Cambio tecnológico
Generalmente considerado como una *mejora* tecnológica; es decir, como la posibilidad de proporcionar más o mejores bienes y servicios en base a un volumen de recursos dado (factores de producción). En los modelos económicos se diferencia entre cambio tecnológico autónomo (exógeno), endógeno e inducido. *Los cambios tecnológicos autónomos (exógenos)* vienen impuestos desde fuera del modelo, y suelen consistir en una tendencia temporal que afecta a la demanda de energía o al crecimiento de la producción mundial. *Los cambios tecnológicos endógenos* se producen por efecto de una actividad económica en el *interior* del modelo; en otras palabras, las tecnologías escogidas están incluidas en el modelo, y afectan a la demanda de energía y/o al crecimiento económico. *Un cambio tecnológico inducido* implica un cambio tecnológico endógeno, pero incorpora cambios adicionales inducidos por determinadas políticas y medidas, como la aplicación de impuestos sobre el carbono, que promueve la investigación y el desarrollo.

### Cambio tecnológico inducido
Véase *Cambio tecnológico*.

### Capacidad adaptativa
Conjunto de capacidades, recursos e instituciones de un país o *región* que permitirían implementar medidas de *adaptación* eficaces.

### Capacidad mitigativa
Capacidad de un país para reducir las emisiones de *gases de efecto invernadero antropógenos* o para potenciar los *sumideros* naturales, entendiéndose por 'capacidad' los conocimientos prácticos, competencias, aptitudes y eficiencias adquiridos por un país, que dependen de la tecnología, de las instituciones, de la riqueza, de la equidad, de la *infraestructura* y de la información. La capacidad mitigativa se asienta en la vía de desarrollo sostenible emprendida por un país.

### Captura y almacenamiento de (dióxido de) carbono (CAC, CAD)
Proceso consistente en la separación de *dióxido de carbono* de fuentes industriales y del sector de la energía, su transporte hasta un lugar de almacenamiento y su aislamiento respecto de la *atmósfera* durante largos períodos.

### Cartera
Conjunto coherente de medidas y/o tecnologías diversas que los responsables de políticas pueden utilizar para alcanzar un objetivo de políticas preestablecido. La ampliación del alcance de las medidas y de las tecnologías permite abordar una mayor diversidad de sucesos y de incertidumbres.

### Casquete de hielo
Masa de hielo en forma de cúpula que suele cubrir un área elevada y que es considerablemente menos extensa que un *manto de hielo*.

### Ciclo combinado electricidad-calor (CCEC)
Utilización de calor de desecho de las plantas de generación térmica de energía eléctrica. El calor puede provenir de la condensación de las turbinas de vapor o de los gases calientes emitidos por las turbinas de gas para usos industriales, en edificios o para la calefacción de áreas residenciales. Se denomina también *cogeneración*.

### Ciclo del carbono
Término utilizado para describir el flujo del carbono (en diversas formas; por ejemplo, como *dióxido de carbono*) en la *atmósfera*, los océanos, la *biosfera* terrestre y la litosfera.

### Ciclo hidrológico
Ciclo en virtud del cual el agua se evapora de los océanos y de la superficie de la tierra, es transportada sobre la Tierra por la circulación atmosférica en forma de vapor de agua, se condensa para formar nubes, se precipita nuevamente en forma de lluvia o nieve, es interceptada por los árboles y la vegetación, genera *escorrentía* en la superficie terrestre, se infiltra en los suelos, recarga las aguas subterráneas, afluye a las corrientes fluviales y, en la etapa final, desemboca en los océanos, en los que se evapora nuevamente (AMS, 2000). Los distintos sistemas que intervienen en el ciclo hidrológico suelen denominarse *sistemas hidrológicos*.

### Circulación de renuevo meridional (CRM)
Circulación de renuevo meridional (norte-sur) en gran escala de los océanos, promediada zonalmente. En el Atlántico, transporta hacia el norte las aguas superiores del océano, relativamente cálidas, y hacia el sur las aguas profundas, relativamente más frías. La *Corriente del Golfo* es parte integrante de esta circulación atlántica.

### Clima
El clima se suele definir en sentido restringido como el estado promedio del tiempo y, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante períodos que pueden abarcar desde meses hasta millares o millones de años. El período de promediación habitual es de 30 años, según la definición de la Organización Meteorológica Mundial. Las magnitudes correspondientes son casi siempre variables de superficie (por ejemplo, temperatura, precipitación o viento). En un sentido más amplio, el clima es el estado del *sistema climático* en términos tanto clásicos como estadísticos. En varios capítulos del presente informe se utilizan también diferentes períodos de promediación, por ejemplo de 20 años.

### Clorofluorocarbonos (CFC)
Véase *Halocarbonos*.

### Cobeneficios
Beneficios reportados por políticas que, por diversas razones, se implementan simultáneamente, teniendo presente que la mayoría de las políticas definidas con miras a *mitigar los efectos de los gases de efecto invernadero* responden también a otras razones, en ocasiones no menos importantes (relacionadas, por ejemplo, con los objetivos de desarrollo, sostenibilidad y equidad).

### Combustibles de origen fósil, combustibles fosílicos
Combustibles básicamente de carbono procedentes de depósitos de hidrocarburos de origen fósil, como el carbón, la turba, el petróleo o el gas natural.

### Comercio de emisiones
Sistema que utiliza mecanismos de mercado para la consecución de objetivos medioambientales. Permite a los países que reducen sus emisiones de *gases de efecto invernadero* por debajo de su tope de emisión utilizar o comerciar con sus excedentes de reducción para compensar las emisiones de otra fuente en el interior o en el exterior del país. Normalmente, la compraventa puede efectuarse a nivel interno de una empresa, o a nivel nacional o internacional.

El Segundo Informe de Evaluación del IPCC adoptó, como convención, la utilización de permisos para los sistemas de comercio nacionales, y de cuotas para los internacionales. El comercio de emisiones con arreglo al Artículo 17 del *Protocolo de Kyoto* es un sistema de cuotas comerciables basado en las cantidades atribuidas, calculadas en consonancia con los compromisos de reducción y limitación de emisiones que figuran en la lista del *Anexo B* del Protocolo.

### Confianza
En el presente Informe, el nivel de confianza en la exactitud de un resultado se expresa mediante una terminología estándar definida como sigue:

| Terminología | Grado de confianza en la exactitud de las afirmaciones |
|---|---|
| Grado de confianza muy alto | Como mínimo, 9 sobre 10 de estar en lo cierto |
| Grado de confianza alto | Aproximadamente 8 sobre 10 |
| Grado de confianza medio | Aproximadamente 5 sobre 10 |
| Grado de confianza bajo | Aproximadamente 2 sobre 10 |
| Grado de confianza muy bajo | Menos de 1 sobre 10 |

Véase también *Verosimilitud; Incertidumbre*

### $CO_2$-equivalente
Véase el Recuadro "Emisiones y concentraciones de dióxido de carbono-equivalente ($CO_2$-eq)" en el Tema 2 del Informe de síntesis, y el Capítulo 2.10 del Grupo de trabajo I.

### Concentración de dióxido de carbono-equivalente
Véase el Recuadro "Emisiones y concentraciones de dióxido de carbono-equivalente ($CO_2$ -eq)", en el Tema 2 del Informe de síntesis y en el Capítulo 2.10 del Grupo de trabajo I.

### Consumo de agua
Cantidad de agua extraída que se pierde irremediablemente durante su utilización (por efecto de la evaporación y de la producción de bienes). El consumo de agua es igual a la detracción de agua menos el flujo de renuevo.

### Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) de las Naciones Unidas
Fue adoptada en Nueva York el 9 de mayo de 1992 y rubricada ese mismo año en la Cumbre para la Tierra, celebrada en Río de Janeiro, por más de 150 países más la Comunidad Europea. Su objetivo último es "la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático". Contiene cláusulas que comprometen a todas las Partes. En virtud de la Convención, las Partes incluidas en el *Anexo I* (todos los miembros de la OCDE en el año 1990 y países de *economía en transición*) se proponen retornar, de aquí al año 2000, a los niveles de emisión de *gases de efecto invernadero* no controlados por el Protocolo de Montreal que existían en 1990. La Convención entró en vigor en marzo de 1994. Véase también *Protocolo de Kyoto*.

### Convención Marco sobre el Cambio Climático
Véase *Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) de las Naciones Unidas*.

### Coral
El término 'coral' tiene diversas acepciones, aunque suele hacer referencia al nombre común del orden taxonómico Scleractinia, cuyos especímenes poseen esqueletos de caliza duros; los corales se clasifican en corales de arrecife y no de arrecife, o de aguas frías y templadas. Véase *Decoloración de coral; Arrecife de coral*.

### Costos de adaptación
Costos vinculados a la planificación, preparación, facilitación y aplicación de medidas de *adaptación*, incluidos los costos del proceso de transición.

### Costos macroeconómicos
Este tipo de costos suele medirse en términos de variaciones del *Producto interno bruto* o de su crecimiento, o de disminuciones del bienestar o del consumo.

### Cuenca
Superficie de drenaje de un arroyo, río o lago.

### Cuenca de captación
Área que capta y drena el agua de lluvia.

### Cumplimiento, observancia
Se entiende por observancia el cumplimiento o no, y el grado de cumplimiento, por un país de las disposiciones de un acuerdo. La observancia depende de la implementación de las políticas ordenadas, y de que se adopten o no medidas como continuación de las políticas. La observancia denota en qué medida los actores cuyo comportamiento es objetivo del acuerdo, las dependencias estatales locales, las corporaciones, las organizaciones o las personas cumplen sus obligaciones estipuladas por tal acuerdo. Véase también *Implementación*.

## D.

### Decoloración de coral
Empalidecimiento del *color* de un coral que se produce al perder este los organismos simbióticos que le proporcionan energía.

### Deforestación
Conversión de una extensión boscosa en no boscosa. Con respecto al término *bosque* y otros términos similares, como *forestación, reforestación* o deforestación, véase el Informe del IPCC sobre uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (IPCC, 2000). Véase también el informe Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human- induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types (IPCC, 2003).

### Desarrollo sostenible (DS)
El concepto de desarrollo sostenible se introdujo por primera vez en la Estrategia Mundial para la Conservación (UICN, 1980), y se asienta en el concepto de sociedad sostenible y en la gestión de los recursos renovables. Fue adoptado por la CMCC en 1987 y por la Conferencia de Río en 1992 como un proceso de cambio que armoniza la explotación de los recursos, la dirección de las inversiones, la orientación del desarrollo tecnológico y el cambio institucional, y que acrecienta las posibilidades actuales y futuras de satisfacer las necesidades y aspiraciones de los seres humanos. El desarrollo sostenible integra dimensiones políticas, sociales, económicas y medioambientales.

### Descarga de hielo dinámica
Descarga de hielo proveniente de *mantos* o *casquetes de hielo* causada por la dinámica del manto o casquete de hielo (por ejemplo, el flujo de un *glaciar*, una corriente de hielo, o el desprendimiento de un iceberg), y no por deshielo o *escorrentía*.

### Descuento
Operación matemática en virtud de la cual las cantidades monetarias (u otras cantidades) recibidas o desembolsadas en diferentes fechas (años) son comparables a lo largo del tiempo. El operador utiliza una *tasa de descuento* fija (>0) o, posiblemente, cambiante de año en año que reduce el valor actual de una cantidad futura. Desde un *punto de vista descriptivo*, se aceptan las tasas de descuento aplicadas por las personas (ahorradores e inversores) en sus decisiones cotidianas (*tasa de descuento privada*). Desde un *punto de vista prescriptivo (ético o normativo)*, la tasa de descuento se determina con arreglo a una perspectiva social, por ejemplo en base a una valoración ética de los intereses de las generaciones futuras (*tasa de descuento social*).

### Desplazamiento climático
Cambio abrupto o salto de los valores medios indicativo de un cambio de régimen *climático* (véase *Pautas de variabilidad climática*). Se utiliza principalmente en relación con el desplazamiento climático de 1976/1977, que parece corresponderse con un cambio de comportamiento de *El Niño-Oscilación Austral*.

### Detección y atribución
El *clima* varía constantemente en todas las escalas de tiempo. El proceso de *detección* del *cambio climático* consiste en demostrar que el clima ha cambiado en un sentido estadístico definido, sin indicar las razones del cambio. El proceso de *atribución* de causas del cambio climático consiste en establecer las causas más probables del cambio detectado con un nivel de *confianza* definido.

### Dilatación térmica
En relación con el *aumento de nivel del mar*, este término denota el aumento de volumen (y la disminución de densidad) que tienen lugar cuando el agua se

calienta. El calentamiento del océano conlleva una dilatación de su volumen y, por consiguiente, un aumento de nivel del mar. *Véase Cambio del nivel del mar*.

### Dióxido de carbono ($CO_2$)

Gas que existe espontáneamente y también como subproducto del quemado de combustibles fosílicos procedentes de depósitos de carbono de origen fósil, como el petróleo, el gas o el carbón, de la quema de *biomasa*, o de los *cambios de uso de la tierra* y otros procesos industriales. Es el *gas de efecto invernadero antropógeno* que más afecta al equilibrio radiativo de la Tierra. Es también el gas de referencia para la medición de otros gases de efecto invernadero y, por consiguiente, su *Potencial de calentamiento mundial* es igual a 1.

## E.

### Economías en transición (EET)

Países cuya economía experimenta una transición de un sistema económico planificado a una economía de mercado.

### Ecosistema

Sistema constituido por organismos vivos que interactúan entre sí y con su entorno físico. Los límites atribuibles a un ecosistema son en cierta medida arbitrarios, y dependen del aspecto considerado o estudiado. Así, un ecosistema puede abarcar desde escalas espaciales muy pequeñas hasta la totalidad del planeta Tierra.

### Efecto invernadero

Los *gases de efecto invernadero* absorben eficazmente la *radiación infrarroja* emitida por la superficie de la Tierra, por la propia *atmósfera* debido a esos mismos gases, y por las nubes. La radiación atmosférica es emitida en todas direcciones, en particular hacia la superficie de la Tierra. Por ello, los gases de efecto invernadero retienen calor en el sistema superficie-*troposfera*. Este fenómeno se denomina *efecto invernadero*. La radiación infrarroja térmica de la troposfera está fuertemente acoplada a la temperatura de la atmósfera a la altitud en que se emite. En la troposfera, la temperatura suele disminuir con la altura. De hecho, la radiación infrarroja emitida hacia el espacio proviene de una altitud cuya temperatura promedia es de -19ºC, en equilibrio con la *radiación solar* entrante neta, mientras que la superficie de la Tierra se mantiene a una temperatura mucho más alta, de +14ºC en promedio. Un aumento de la concentración de gases de efecto invernadero da lugar a una mayor opacidad infrarroja de la atmósfera y, por consiguiente, a una radiación efectiva hacia el espacio desde una altitud mayor a una temperatura menor. Ello origina un *forzamiento radiativo* que intensifica el efecto invernadero, suscitando así el denominado *efecto invernadero intensificado*.

### Eficiencia energética

Cociente entre la *energía* útil producida por un sistema, proceso de conversión o actividad y su insumo de *energía*.

### Elemento de referencia, estado de referencia

Elemento o estado de una cantidad medible respecto del cual puede medirse un resultado alternativo (por ejemplo: un *escenario* de no intervención que se utiliza como referencia para analizar escenarios de intervención).

### El Niño-Oscilación Austral (ENOA)

El término El *Niño* denotaba inicialmente una corriente de aguas cálidas que discurre periódicamente a lo largo de la costa de Ecuador y Perú, alterando la pesquería local. Posteriormente se ha identificado como un calentamiento del agua en toda la cuenca del Océano Pacífico tropical al este de la línea horaria. Este fenómeno está asociado a cierta fluctuación de una pauta mundial de presiones en la superficie tropical y subtropical, denominada '*Oscilación Austral*'. Este fenómeno *atmósfera*-océano acoplado, cuya escala de tiempo más habitual abarca entre dos y aproximadamente siete años, es conocido como *El Niño-Oscilación Austral* (ENOA). Su presencia suele determinarse en función de la anomalía de presión en superficie entre Darwin y Tahití y de las temperaturas de la superficie del mar en la parte central y oriental del Pacífico ecuatorial. Durante un episodio de ENOA, los vientos alisios habituales se debilitan, reduciendo el flujo ascendente y alterando las corrientes oceánicas, con lo que aumenta la temperatura superficial del mar, lo cual debilita, a su vez, los vientos alisios. Este fenómeno afecta considerablemente a las pautas de viento, de temperatura superficial del mar y de precipitación en el Pacífico tropical. Sus efectos influyen en el clima de toda la *región* del Pacífico y de muchas otras partes del mundo mediante teleconexiones en toda la extensión del planeta. La fase fría de ENOA se denomina *La Niña*.

### Emisiones antropógenas

Emisiones de *gases de efecto invernadero*, de precursores de gases de efecto invernadero y de *aerosoles* aparejadas a actividades humanas, como la combustión de *combustibles de origen fósil, la deforestación, los cambios de uso de la tierra*, la ganadería, la fertilización, etc.

### Energía

Cantidad de trabajo o de calor producido. La energía se clasifica en varios tipos, y es útil para los fines humanos cuando fluye de un lugar a otro, o cuando es transformada en un tipo de energía diferente. La *energía primaria* (conocida también como *'fuentes de energía'*) es la que contienen los recursos naturales (por ejemplo, carbón, crudo, gas natural o uranio) antes de experimentar conversiones antropógenas. Para ser *utilizable* (por ejemplo, en forma de luz), la energía primaria ha de ser convertida y transportada. La *energía renovable* se obtiene de las corrientes de energía continuas o recurrentes del medio ambiente natural, y abarca tecnologías no de carbono, como la solar, la hidroeléctrica, la eólica, la energía de mareas y olas, o el calor geotérmico, así como tecnologías neutras en carbono, como las de biomasa. La *energía contenida* es la que se utiliza para producir una sustancia material (como los metales procesados, o los materiales de construcción), teniendo en cuenta la energía utilizada en la instalación productora (de orden cero), la utilizada para producir los materiales utilizados por la instalación productora (de primer orden), y así sucesivamente.

### Enfermedad infecciosa

Cualquier enfermedad causada por agentes microbianos que pueda transmitirse entre personas, o de animales a personas. El contagio puede producirse por contacto físico directo, por utilización de un objeto que contenga organismos infecciosos, por conducto de un portador de la enfermedad o de agua contaminada, o mediante gotitas infectadas expulsadas al aire por efecto de la tos o de la respiración.

### Erosión

Proceso de detracción y transporte de suelo y rocas por desgaste externo o desmoronamiento, o por efecto de corrientes de agua, *glaciares*, olas, vientos o aguas subterráneas.

### Escalas espaciales y temporales

El *clima* puede variar a escalas espaciales y temporales muy diversas. Las *escalas espaciales* abarcan desde extensiones locales (inferiores a 100.000 $km^2$) hasta regionales (entre 100.000 y 10 millones de $km^2$) o continentales (de 10 a 100 millones de $km^2$). Las *escalas temporales* abarcan desde períodos estacionales hasta geológicos (de hasta centenares de millones de años).

### Escenario

Descripción plausible y frecuentemente simplificada de un futuro verosímil, basada en un conjunto consistente y coherente de supuestos sobre las fuerzas originantes y sobre las relaciones más importantes. Los escenarios pueden estar basados en *proyecciones*, pero suelen basarse también en datos obtenidos de otras fuentes, acompañados en ocasiones de una *descripción textual*. Véase también *Escenarios IEEE; Escenario climático; Escenarios de emisión*.

### Escenario de emisión

Representación plausible de la evolución futura de las emisiones de sustancias que podrían ser radiativamente activas (por ejemplo, *gases de efecto invernadero, aerosoles*), basada en un conjunto coherente de supuestos sobre las fuerzas que las determinan (por ejemplo, el desarrollo demográfico y socioeconómico, la evolución tecnológica) y las principales relaciones entre ellos. Los *escenarios de concentraciones*, obtenidos en base a unos escenarios de emisión, se introducen en un *modelo climático* para obtener *proyecciones del clima*. En IPCC (1992) se expone un conjunto de escenarios de emisiones utilizados para las proyecciones del clima publicadas en IPCC (1996). Este conjunto de escenarios se denomina *IS92*. Los nuevos escenarios IEEE se publicaron en el Informe Especial del IPCC sobre escenarios de emisiones (Nakičenovič y Swart, 2000). Para conocer el significado de ciertos términos relacionados con estos escenarios, véase *Escenarios IEEE*.

### Escenarios IEEE
*Escenarios de emisión* desarrollados por Nakičenovič y Swart (2000) y utilizados, en particular, como base para algunas de las *proyecciones climáticas* contempladas en el Cuarto Informe de evaluación. Los términos siguientes ayudarán a comprender mejor la estructura y la manera en que se utiliza el conjunto de escenarios IEEE:

*Familia de escenarios:* Escenarios con líneas argumentales demográficas, sociales, económicas y técnicas similares. El conjunto de escenarios IEEE está integrado por cuatro familias de escenarios, denominadas A1, A2, B1 y B2.

*Escenario ilustrativo:* Escenario que tipifica alguno de los seis grupos de escenarios referidos en el Resumen para responsables de políticas de Nakičenovič y otros (2000). Contiene cuatro 'escenarios testimoniales' revisados para los grupos de escenarios A1B, A2, B1 y B2 y dos escenarios adicionales para los grupos A1FI y A1T. Todos los grupos de escenarios son igualmente consistentes.

*Escenario testimonial:* Borrador de escenario insertado originalmente en el sitio web del IEEE para representar una familia de escenarios dada. Su selección se determinó en función de las cuantificaciones iniciales que mejor reflejaban la línea argumental y las particularidades de determinados modelos. Los escenarios testimoniales no son más verosímiles que otros escenarios, pero el equipo de redacción del IEEE los consideró ilustrativos de determinada línea narrativa. Figuran, en versión revisada, en Naki enovi  y Swart (2000). Estos escenarios fueron meticulosamente analizados por todo el equipo de redacción y mediante el proceso abierto del IEEE. Se seleccionaron también escenarios ilustrativos de los otros dos grupos de escenarios.

*Línea argumental:* Descripción textual de un escenario (o familia de escenarios) que expone sus principales características, las relaciones entre las principales fuerzas originantes y la dinámica de su evolución.

### Escorrentía
Parte de la precipitación que no se evapora ni es transpirada, pero que fluye sobre la superficie del terreno y retorna a las masas de agua. Véase *Ciclo hidrológico*.

### Estabilización
Mantenimiento a nivel constante de las concentraciones atmosféricas de uno o más *gases de efecto invernadero* (por ejemplo, *dióxido de carbono*) o de una cesta *$CO_2$ - equivalente de gases de efecto invernadero*. Los análisis o *escenarios* de estabilización estudian la estabilización de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

### Estratosfera
Región de la *atmósfera* muy estratificada, situada sobre la *troposfera*, que abarca desde los 10 km (9 km en latitudes altas y 16 km en los trópicos, en promedio) hasta los 50 km de altitud, aproximadamente.

### Estrés hídrico
Se dice que un país padece estrés hídrico cuando la cantidad de agua dulce disponible en proporción al agua que se detrae constriñe de manera importante el desarrollo. En las evaluaciones a escala mundial, se dice frecuentemente que una cuenca padece estrés hídrico cuando su disponibilidad de agua por habitante es inferior a 1.000 $m^3$/año (sobre la base del promedio de la escorrentía por largos períodos). Un indicador de estrés hídrico utilizado también en ocasiones es un volumen de detracción de agua superior al 20% del agua renovable disponible. Un cultivo experimenta estrés hídrico cuando la cantidad de agua disponible en el suelo, y por ende la *evapotranspiración* real, son menores que la demanda de evapotranspiración potencial.

### Evaluación de impacto (del cambio climático)
Identificación y valoración, en términos monetarios y/o no monetarios, de los efectos del *cambio climático* sobre los sistemas naturales y *humanos*.

### Evaluación integrada
Método de análisis que integra en un marco coherente los resultados y simulaciones de las ciencias físicas, biológicas, económicas y sociales y las interacciones entre estos componentes, a fin de evaluar las consecuencias del cambio medioambiental y las respuestas de política a dicho cambio. Los modelos utilizados para efectuar tales análisis se denominan *Modelos de evaluación integrada*.

### Evapotranspiración
Proceso combinado de evaporación de agua en la superficie de la Tierra y de transpiración de la vegetación.

### Extinción
Desaparición completa de una especie biológica a escala mundial.

## F.

### Fenología
Estudio de los fenómenos naturales que se repiten periódicamente en los sistemas biológicos (por ejemplo, las etapas de desarrollo o la migración) y de su relación con el *clima* y con los cambios estacionales.

### Fenómeno meteorológico extremo
Fenómeno meteorológico raro en un lugar y época del año determinados. Aunque hay diversas definiciones de 'raro', la rareza de un fenómeno meteorológico extremo sería normalmente igual o superior a la de los *percentilos* 10 ó 90 de la función de densidad de probabilidad observada. Por definición, las características de un estado del *tiempo extremo* pueden variar en función del lugar en sentido absoluto. Un fenómeno meteorológico extremo no puede ser atribuido directamente a un *cambio climático antropógeno*, ya que hay siempre una probabilidad finita de que haya sobrevenido de manera natural. Cuando una pauta de actividad atmosférica extrema persiste durante cierto tiempo (por ejemplo, durante una estación), puede clasificarse como *episodio climático extremo*, especialmente si arroja un promedio o un total que es en sí mismo un valor extremo (por ejemplo, *sequías* o precipitaciones intensas a lo largo de una temporada).

### Fertilización por dióxido de carbono ($CO_2$)
Mejora del crecimiento de las plantas debida a un aumento de la concentración de *dióxido de carbono* ($CO_2$) en la atmósfera. En función del mecanismo de *fotosíntesis* que utilicen, ciertos tipos de plantas son más sensibles que otros a los cambios de la concentración del $CO_2$ de la atmósfera.

### Floración de algas
Explosión reproductiva de algas en un lago, río u océano.

### Forestación
Plantación de nuevos bosques en tierras que históricamente no han contenido bosque (durante un mínimo de 50 años). Para un análisis del término *bosque* y de los conceptos conexos de forestación, *reforestación* y *deforestación*, véase el Informe especial del IPCC sobre uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura, (IPCC, 2000). Véase también el Informe Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types (IPCC, 2003).

### Forzamiento
Véase *Forzamiento externo*.

### Forzamiento externo
Agente de forzamiento ajeno al *sistema climático* que induce un cambio en este. Son forzamientos externos las erupciones volcánicas, las variaciones solares, los cambios *antropógenos* de la composición de la *atmósfera* y los *cambios de uso de la tierra*.

### Forzamiento radiativo
Cambio de la irradiancia neta (la ascendente menos la descendente), expresado en watios por metro cuadrado ($W/m^2$), en la *tropopausa* por efecto del cambio de un originante externo del *sistema climático* (por ejemplo, un cambio de la concentración de *dióxido de carbono*, o de la energía emitida por el Sol). El forzamiento radiativo se calcula manteniendo fijas todas las propiedades de la *troposfera* y sus valores no perturbados, y permitiendo que las temperaturas de la *estratosfera*, una vez perturbadas, se reajusten hasta alcanzar el equilibrio dinámico radiativo. El forzamiento radiativo se denomina *instantáneo* cuando no contempla ninguna variación de la temperatura de la estratosfera. A los efectos del presente informe, el forzamiento radiativo se define como el cambio acaecido respecto del año 1750 y, a menos que se indique lo contrario, denota un valor promediado en términos mundiales y anuales.

### Fotosíntesis
Proceso en virtud del cual las plantas verdes, las algas y ciertas bacterias toman *dióxido de carbono* del aire (o bicarbonato del agua) para elaborar hidratos de carbono. Hay varias vías de fotosíntesis posibles, con diferentes respuestas a las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera. Véase *Fertilización por dióxido de carbono*.

### Fuente
Suele designar todo proceso, actividad o mecanismo que libera un *gas de efecto invernadero* o *aerosol*, o un precursor de un gas de efecto invernadero o aerosol, a la *atmósfera*. Puede designar también, por ejemplo, una fuente de *energía*.

### Fuga de carbono
Parte de la reducción de emisiones conseguida en los países del *Anexo B* que puede quedar compensada por un aumento de las emisiones, en países exentos de restricción, respecto de sus niveles de referencia. Ello puede deberse a las siguientes causas: 1) reubicación de la producción de alto consumo de energía en regiones exentas de restricciones; 2) aumento del consumo de combustibles de origen fósil en esas regiones debido a una disminución de los precios internacionales del petróleo y del gas de resultas de una menor demanda de estas energías; o 3) variaciones de los ingresos (y, por consiguiente, de la demanda de energía) debidas a una mejora de las condiciones comerciales.

## G.

### Gas de efecto invernadero, gas de efecto invernadero (GEI)
Componente gaseoso de la *atmósfera*, natural o *antropógeno*, que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de *radiación infrarroja térmica* emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera y por las nubes. Esta propiedad da lugar al *efecto invernadero*. El vapor de agua ($H_2O$), el *dióxido de carbono* ($CO_2$), el *óxido nitroso* ($N_2O$), el *metano* ($CH_4$)y el Ozono ($O_3$) son los gases de efecto invernadero primarios de la atmósfera terrestre. La atmósfera contiene, además, cierto número de gases de efecto invernadero enteramente antropógenos, como los *halocarbonos* u otras sustancias que contienen cloro y bromo, contemplados en el Protocolo de Montreal. Además del $CO_2$, del $N_2O$ y del $CH_4$, el *Protocolo de Kyoto* contempla los gases de efecto invernadero *hexafluoruro de azufre* ($SF_6$), *los hidrofluorocarbonos* (HFC) y los *perfluorocarbonos* (PFC).

### Gases-F
Este término hace referencia a los grupos de gases *hidrofluorocarbonos*, *perfluorocarbonos* y *hexafluoruro de azufre*, contemplados en el *Protocolo de Kyoto.*

### Gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH)
Planteamiento más extendido en el ámbito de la gestión de recursos hídricos, que, sin embargo, no ha sido definido inequívocamente. La GIRH está basada en cuatro principios formulados por la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente, celebrada en Dublín en 1992: 1) el agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para el sostenimiento de la vida, del desarrollo y del medio ambiente; 2) el desarrollo y gestión del agua deben estar planteados en términos participativos, incorporando de ese modo a usuarios, planificadores y responsables de políticas en todos los niveles; 3) las mujeres desempeñan un papel esencial en el abastecimiento, gestión y protección de los recursos hídricos; 4) el agua tiene un valor económico allí donde su uso suscite competencia y ha de reconocerse como un bien económico.

### Gestión orientada a la demanda (GOD)
Políticas y programas destinados a influir en la demanda de bienes y/o servicios. En el sector de la energía, tiene por objeto reducir la demanda de electricidad y de otras fuentes de energía. La GOD ayuda a reducir las emisiones de *gases de efecto invernadero.*

### Glaciar
Masa de hielo terrestre que fluye pendiente abajo por efecto de la gravedad (mediante deformación interna y/o deslizamiento de su base), constreñida por el esfuerzo interno y por el rozamiento en su base y en sus lados. Los glaciares se mantienen por la acumulación de nieve en grandes altitudes, compensada por la fusión en altitudes bajas o por la descarga vertida al mar. Véase *Equilibrio de masa.*

## H.

### Halocarbonos
Término que designa colectivamente un grupo de especies orgánicas parcialmente halogenadas que abarca los clorofluorocarbonos (CFC), los hidroclorofluorocarbonos (HCFC), los hidrofluorocarbonos (HFC), los halones, el cloruro de metilo, el bromuro de metilo, etc. Muchos de los halocarbonos tienen un *Potencial de calentamiento mundial* elevado. Los halocarbonos que contienen cloro y bromo intervienen también en el agotamiento de la capa de *ozono.*

### Hexafluoruro de azufre ($SF_6$)
Uno de los seis *gases de efecto invernadero* que *el Protocolo de Kyoto* se propone reducir. Se utiliza profusamente en la industria pesada para el aislamiento de equipos de alta tensión y como auxiliar en la fabricación de sistemas de refrigeración de cables y de semiconductores.

### Hidroclorofluorocarbonos (HCFCs)
Véase *Halocarbonos*.

### Hidrofluorocarbonos (HFCs)
Uno de los seis gases o grupos de *gases de efecto invernadero* cuya presencia se propone reducir el *Protocolo de Kyoto*. Son producidos comercialmente en sustitución de los clorofluorocarbonos. Los HFCs se utilizan ampliamente en refrigeración y en fabricación de semiconductores. Véase *Halocarbonos*.

### Hidrosfera
Componente del *sistema climático* constituido por las superficies en estado líquido y por las aguas subterráneas, que abarca océanos, mares, ríos, lagos de agua dulce, aguas freáticas, etc.

### Hielo marino
Todo tipo de hielo existente en el mar por congelación de sus aguas. Puede consistir en fragmentos discontinuos (*témpanos*) que flotan en la superficie del océano a merced del viento y de las corrientes (*hielo a la deriva*), o en un manto inmóvil anclado a la costa (*hielo fijo terrestre*). El hielo marino de menos de un año de existencia se denomina *hielo de primer año*. *Hielo multianual* es el hielo marino que ha sobrevivido como mínimo a un deshielo estival.

## I.

### Impacto de mercado
*Impacto* que puede cuantificarse en términos monetarios y que afecta directamente al *Producto interno bruto*; por ejemplo, las variaciones de precio de los insumos y/o bienes agrícolas. Véase también *Impactos no de mercado.*

### Impacto totalizado
*Impacto* total integrado por sectores y/o *regiones*. Para totalizar los impactos es necesario conocer (o presuponer) su importancia relativa en diferentes sectores y regiones. El impacto totalizado puede cuantificarse, por ejemplo, en función del número total de personas afectadas, o del costo económico total.

### Impactos (del cambio climático)
Efectos del *cambio climático* sobre los sistemas naturales y *humanos*. Según se considere o no el proceso de *adaptación*, cabe distinguir entre impactos potenciales e impactos residuales:

- *Impactos potenciales:* Todo impacto que pudiera sobrevenir en relación con un cambio proyectado del clima, sin tener en cuenta la *adaptación*.
- *Impactos residuales:* Impactos del cambio climático que sobrevendrían tras la adaptación.

Véase también *Impacto totalizado, Impacto de mercado, Impacto no de mercado.*

### Impactos no de mercado
*Impactos* que afectan a los *ecosistemas* o al bienestar humano, pero que no son fáciles de expresar en términos monetarios; por ejemplo, un mayor riesgo de muerte prematura, o un aumento del número de personas amenazadas de hambre. Véase también *Impactos de mercado*.

### Impedimento
Todo obstáculo que se oponga a la consecución de una meta o de un potencial de *adaptación* o de *mitigación* que sea posible superar o atenuar mediante la

adopción de una política, programa o medida. La *eliminación de impedimentos* incluye la corrección de fallos del mercado de manera directa, o la reducción de costos de transacción en los sectores público y privado, mediante, por ejemplo, el mejoramiento de la capacidad institucional, la reducción de riesgos, incertidumbres, la facilitación de las transacciones de mercado y la observancia de políticas reglamentadoras.

### Implementación, aplicación

Actuaciones emprendidas en cumplimiento de los compromisos contraídos en virtud de un tratado; constan de una fase jurídica y de una fase efectiva.

La *implementación jurídica* consiste en una serie de legislaciones, reglamentos, decretos judiciales y otras medidas, como los esfuerzos de los gobiernos por administrar la implantación de leyes y políticas nacionales en virtud de acuerdos internacionales. La *implementación efectiva* se materializa mediante políticas y programas que susciten cambios en el comportamiento y en las decisiones de los grupos destinatarios. Estos adoptan entonces medidas efectivas de mitigación y de adaptación. Véase también *Observancia*.

### Impuesto

Los *impuestos sobre el carbono* gravan el contenido de carbono de los *combustibles de origen fósil*. Como prácticamente todo el carbono contenido en esos combustibles es emitido de una u otra manera en forma de *dióxido de carbono*, un impuesto sobre el carbono es equivalente a la aplicación de un impuesto de emisión sobre cada unidad de *emisión de* $CO_2$ *-equivalente*. Los *impuestos sobre la energía* -gravámenes sobre el contenido energético de los combustibles- reducen la demanda de energía y, por consiguiente, reducen las emisiones de dióxido de carbono resultantes de la utilización de combustibles de origen fósil. Los impuestos ecológicos o *ecotasas* tienen por objeto influir en el comportamiento humano (específicamente, en el comportamiento económico) a fin de evolucionar siguiendo un decurso ecológicamente benigno. Los *impuestos internacionales sobre el carbono, las emisiones o la energía* son gravámenes aplicados en virtud de un acuerdo internacional a determinadas fuentes de los países participantes. Los *impuestos armonizados* comprometen a los países participantes a aplicar un mismo tipo impositivo a unas mismas fuentes. Se denomina *crédito impositivo* o desgravación fiscal a la reducción de un impuesto para incentivar las compras o la inversión en relación con determinado producto, por ejemplo una tecnología que reduzca las emisiones de GEI. El término *gravamen sobre el carbono* es sinónimo de 'impuesto sobre el carbono'.

### Incertidumbre

Expresión del grado de desconocimiento de determinado valor (por ejemplo, el estado futuro del *sistema climático*). Puede deberse a una falta de información o a un desacuerdo con respecto a lo que es conocido o incluso cognoscible. Puede reflejar diversos tipos de situaciones, desde la existencia de errores cuantificables en los datos hasta una definición ambigua de un concepto o término, o una *proyección* incierta de la conducta humana. Por ello, la incertidumbre puede representarse mediante valores cuantitativos (por ejemplo, un intervalo de valores calculados por diversos modelos), o mediante asertos cualitativos (que reflejen, por ejemplo, una apreciación de un equipo de expertos); véase Moss y Schneider, 2000; Manning et al., 2004. Véase también *Probabilidad; Confianza*.

### Incorporación

Adición de una sustancia a un reservorio. La incorporación de sustancias que contienen carbono, y en particular *dióxido de carbono*, suele denominarse *secuestro (de carbono)*.

### Inercia

En el contexto de la *mitigación del cambio climático*, la inercia es la dificultad de que acaezca un cambio como consecuencia de unas condiciones preexistentes en la sociedad; por ejemplo, el capital físico acumulado por los seres humanos, el capital natural y el capital no físico de carácter social, que abarca las instituciones, las reglamentaciones y las normas. Las estructuras existentes rigidifican las sociedades, haciendo más difícil el cambio.

En el contexto del *sistema climático*, la inercia refleja el retardo del *cambio climático* tras la aplicación de un *forzamiento externo*, y la continuación de un tal cambio incluso después de que el forzamiento externo se haya estabilizado.

### Infraestructura

Equipo, sistemas de suministro, empresas productivas, instalaciones y servicios básicos indispensables para el desarrollo, funcionamiento y crecimiento de una organización, ciudad o nación.

### Intensidad carbónica

Cantidad de emisiones de *dióxido de carbono* por unidad de *Producto interno bruto*.

### Intensidad energética

Cociente (ratio) entre la utilización de *energía* y la producción económica o física. A nivel nacional, es el cociente entre la utilización de energía primaria total o la utilización de energía final y el *Producto interno bruto*. A nivel de actividad, pueden utilizarse también cantidades físicas en el denominador (por ejemplo, litros de combustible/vehículo km).

### Interglaciales

Períodos cálidos acontecidos entre glaciaciones de una era glacial. El interglacial más reciente, fechado aproximadamente entre hace 129.000 y 116.000 años, es conocido como *último interglacial* (AMS, 2000).

### Intrusión de agua salada

Desplazamiento del agua dulce superficial o subterránea causado por el avance del agua salada, que tiene mayor densidad. Suele acaecer en áreas costeras y estuarios, debido a una influencia terrestre decreciente (por ejemplo, una disminución de la *escorrentía* y de la recarga de agua subterránea aparejada, o una extracción excesiva del agua de los acuíferos), o a una influencia marina creciente (por ejemplo, un *aumento relativo de nivel del mar*).

### Irradiancia solar total (IST)

Cantidad de *radiación solar* recibida en el exterior de la *atmósfera* de la Tierra sobre una superficie normal a la radiación incidente, a una distancia media entre la Tierra y el Sol. Una medición fiable de la radiación solar solo es posible desde el espacio, y este tipo de registros no abarca más allá de 1978. El valor generalmente aceptado es de 1.368 W por m² (W $m^{-2}$), con una exactitud de aproximadamente 0,2%. Está sujeta a frecuentes variaciones de varias décimas porcentuales, relacionadas generalmente con el paso de manchas solares por el disco solar. La variación de la IST asociada al ciclo solar es del orden de 0,1%. Fuente: AMS, 2000.

## J.

### Jerarquía de modelos

Véase *Modelo climático*.

## L.

### Lago glacial

Lago de agua fundida de un *glaciar*, situado en la cara anterior (*proglacial*), en la superficie (*supraglacial*), en el interior (*englacial*) o en el lecho de un glaciar (*subglacial*).

## M.

### Manto de hielo

Masa de hielo terrestre de espesor suficiente para recubrir en su mayor parte la topografía del lecho rocoso subyacente, de tal modo que su forma viene determinada principalmente por su dinámica (el flujo del hielo por deformación interna o por deslizamiento sobre su base). Un manto de hielo fluye desde una altiplanicie central con una pendiente poco acentuada, en promedio. Los márgenes suelen tener una pendiente más pronunciada, y la mayor parte del hielo afluye en corrientes de hielo rápidas o *glaciares* de aflujo, a veces hacia el mar o hacia plataformas de hielo que flotan sobre el mar. En la actualidad, existen solo tres grandes mantos de hielo: uno, en Groenlandia y dos en la Antártica (los mantos de hielo antárticos oriental y occidental), separados por la cordillera transatlántica. Durante los períodos glaciales hubo otros mantos de hielo.

### Marea de tempestad

Aumento episódico de la altura del mar en un lugar dado, causado por condiciones meteorológicas extremas (presión atmosférica baja y/o vientos fuertes). Se define como la diferencia entre el nivel de la marea alcanzado y el esperado en un lugar y momento dados.

### Mareógrafo

Dispositivo situado en un punto de la costa (y, en ciertos casos, en aguas profundas) que mide de manera continua el nivel del mar con respecto a la

tierra firme adyacente. Los valores así obtenidos, promediados en el tiempo, describen las variaciones cronológicas observadas de nivel del mar relativo. Véase *Cambio del nivel del mar/Aumento de nivel del mar.*

## Mecanismo para un desarrollo limpio (MDL)

Definido en el Artículo 12 del *Protocolo de Kyoto*, el mecanismo para un desarrollo limpio persigue dos objetivos: 1) ayudar a las Partes no incluidas en el *Anexo I* a lograr un *desarrollo sostenible* y a contribuir al objetivo último de la Convención; y 2) ayudar a las Partes del Anexo I a dar cumplimiento a sus compromisos de limitación y reducción de emisiones cuantificados. Las unidades de reducción de emisiones certificadas vinculadas a proyectos MDL emprendidos en países no incluidos en el Anexo I que limiten o reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero, siempre que hayan sido certificadas por entidades operacionales designadas por la Conferencia de las Partes o por una reunión de las Partes, pueden ser contabilizadas en el haber del inversor (estatal o industrial) por las Partes incluidas en el *Anexo B*. Una parte de los beneficios de las actividades de proyecto certificadas se destina a cubrir gastos administrativos y a ayudar a países Partes en desarrollo, particularmente vulnerables a los efectos adversos del *cambio climático*, para cubrir los costos de *adaptación*.

## Mecanismos de Kyoto (denominados también Mecanismos de flexibilidad)

Mecanismos económicos basados en principios de mercado que las Partes en el *Protocolo de Kyoto* pueden utilizar para tratar de atenuar los efectos económicos que podrían ocasionar los requisitos de reducción de *emisiones de gases de efecto invernadero*. Abarcan la aplicación conjunta (Artículo 6), el *Mecanismo para un desarrollo limpio* (Artículo 12) y el *Comercio de derechos de emisión* (Artículo 17).

## Medidas

Tecnologías, procesos y prácticas que reducen las emisiones de *gases de efecto invernadero* o sus efectos por debajo de los niveles futuros previstos. Se conceptúan como medidas las *tecnologías de energía renovable*, los *procesos de minimización de desechos*, los *desplazamientos al lugar de trabajo mediante transporte público*, etc. Véase también *Políticas.*

## Metano ($CH_4$)

El metano es uno de los seis *gases de efecto invernadero* que el *Protocolo de Kyoto* se propone reducir. Es el componente principal del gas natural, y está asociado a todos los hidrocarburos utilizados como combustibles, a la ganadería y a la agricultura. El *metano de estrato carbónico* es el que se encuentra en las vetas de carbón.

## Métrica

Medición coherente de una característica de un objeto o actividad difícilmente cuantificable por otros medios.

## Mitigación

Cambios y reemplazos tecnológicos que reducen el insumo de recursos y las emisiones por unidad de producción. Aunque hay varias políticas sociales, económicas y tecnológicas que reducirían las emisiones, la mitigación, referida al *cambio climático*, es la aplicación de políticas destinadas a reducir las emisiones de *gases de efecto invernadero* y a potenciar los *sumideros*.

## Modelo

Véase *Modelo climático; Modelo de planteamiento ascendente; Modelo de planteamiento descendente*.

## Modelo climático

Representación numérica del *sistema climático* basada en las propiedades físicas, químicas y biológicas de sus componentes, en sus interacciones y en sus procesos de *retroefecto*, y que recoge todas o algunas de sus propiedades conocidas. El sistema climático se puede representar mediante modelos de diverso grado de complejidad; en otras palabras, para cada componente o conjunto de componentes es posible identificar un espectro o jerarquía de modelos que difieren en aspectos tales como el número de dimensiones espaciales, el grado en que aparecen representados los procesos físicos, químicos o biológicos, o el grado de utilización de parametrizaciones empíricas. *Los modelos de circulación general acoplados atmósfera/océano/hielo marino (MCGAAO)* proporcionan una de las más completas representaciones del sistema climático actualmente disponibles. Se está evolucionando hacia modelos más complejos que incorporan química y biología interactivas (véase GTI, Capítulo 8). Los modelos climáticos se utilizan como herramienta de investigación para estudiar y simular el *clima* y para fines operacionales, en particular *predicciones climáticas* mensuales, estacionales e interanuales.

## Modelo de planteamiento descendente

Modelo que aplica teorías macroeconómicas y técnicas econométricas y de optimización para totalizar una serie de variables económicas. Mediante la utilización de datos de consumo históricos, precios, ingresos y factores de costo, los modelos de estructura descendente evalúan la demanda final de bienes y servicios y la oferta de los principales sectores, como los de energía, transporte, agricultura o industria. Algunos modelos de estructura descendente incorporan datos tecnológicos, acercándose de ese modo a los *modelos de estructura ascendente.*

## Modelos de estructura ascendente

Los modelos de estructura ascendente representan la realidad mediante la agregación de características de determinadas actividades y procesos, atendiendo a los aspectos concretos de orden tecnológico, ingenieril y de costos. Véase también *Modelos de estructura descendente.*

## Monzón

Un monzón es una inversión estacional de los vientos en superficie y de la precipitación que trae aparejada en regiones tropicales y subtropicales, causada por los diferentes niveles de calentamiento de una masa de tierra a escala continental y del océano adyacente. Las lluvias monzónicas descargan principalmente sobre la tierra firme durante los veranos.

## Morbilidad

Tasa de casos de enfermedad u otros trastornos de la salud referida a una población, habida cuenta de su estructura de edades. Son indicadores de morbilidad la incidencia/prevalencia de enfermedades crónicas, las tasas de hospitalización, las consultas de atención primaria, los días de baja por incapacidad (es decir, los días de ausencia del trabajo), o la prevalencia de síntomas.

## Mortalidad

Tasa de casos de defunción referida a una población; se calcula teniendo presentes las tasas de defunción específicas por edades y permite, por consiguiente, cifrar la esperanza de vida y la abundancia de muertes prematuras.

# N.

## Nivel de conocimiento científico (NDCC)

Indicador basado en una escala de 5 valores (alto, medio, medio-bajo, bajo y muy bajo), definido para caracterizar el grado de conocimiento científico respecto de los agentes de *forzamiento radiativo* que afectan al *cambio climático*. Para cada agente, este índice representa una valoración subjetiva de la evidencia de mecanismos físicoquímicos que determinan el forzamiento y del consenso en torno a la estimación cuantitativa y a su *incertidumbre*.

## Nivel del mar relativo

El nivel medio del mar suele definirse como el valor promedio de nivel del mar relativo durante un período (por ejemplo, un mes o un año) suficientemente largo para que los valores episódicos (por ejemplo, olas o mareas) se cancelen entre sí. El *nivel del mar relativo* es el nivel del mar medido mediante un mareógrafo con respecto a la tierra firme en que está situado.

Véase *Cambio de nivel del mar/Aumento de nivel del mar.*

## Normas

Conjunto de reglas o códigos que estipulan o definen el comportamiento de un producto (por ejemplo, en términos de grado, dimensiones, características, métodos de prueba, o reglas de uso). Las *normas relativas a productos, tecnologías o niveles de comportamiento* establecen unos requisitos mínimos aplicables a los productos o tecnologías correspondientes. Las normas imponen reducciones de las *Emisiones de gases de efecto invernadero* en relación con la fabricación o utilización de los productos y/o la aplicación de la tecnología de que se trate.

## Núcleo de hielo

Cilindro de hielo extraído mediante perforación de un *glaciar* o de un *manto de hielo.*

## O.

### Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM)
Conjunto de metas supeditadas a plazos de tiempo dados para luchar contra la pobreza, el hambre, las enfermedades, el analfabetismo, la discriminación de las mujeres y la degradación del medio ambiente, adoptadas en 2000 por la Cumbre del Milenio de las Naciones Unidas.

### Oportunidades
Circunstancias que reducen el desajuste entre el *potencial de mercado* de una tecnología o práctica y el *potencial económico* o técnico.

### Organización no gubernamental (ONG)
Grupo o asociación sin ánimo de lucro organizado al margen de las estructuras políticas institucionales para conseguir determinados objetivos sociales y/o medioambientales o defender la causa de determinados adherentes. Fuente: http://www.edu.gov.nf.ca/curriculum/teched/resources/glos-biodiversity.html

### Óxido nitroso ($N_2O$)
Uno de los seis tipos de *gases de efecto invernadero* que el *Protocolo de Kyoto* se propone reducir. La fuente antropógena principal de óxido nitroso es la agricultura (la gestión del suelo y del estiércol), pero hay también aportaciones importantes provenientes del tratamiento de aguas residuales, del quemado de combustibles fosílicos y de los procesos industriales químicos. El óxido nitroso es también producido naturalmente por muy diversas fuentes biológicas presentes en el suelo y en el agua, y particularmente por la acción microbiana en los bosques tropicales pluviales.

### Ozono ($O_3$)
Forma triatómica del oxígeno ($O_3$); uno de los componentes gaseosos de la *atmósfera*. En la *troposfera*, el ozono se genera tanto espontáneamente como mediante reacciones fotoquímicas de gases resultantes de actividades humanas (smog). El ozono troposférico actúa como *gas de efecto invernadero*. En la *estratosfera*, el ozono es generado por la interacción entre la radiación ultravioleta solar y las moléculas de oxígeno ($O_3$). El ozono estratosférico desempeña un papel fundamental en el equilibrio radiativo de la estratosfera. Su concentración más alta se encuentra en la capa de ozono.

## P.

### Países del Anexo I
Grupo de países incluidos en el Anexo I (según la versión enmendada de 1998) de la *Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) de las Naciones Unidas,* incluidos todos los países pertenecientes a la OCDE en 1990 y los países de economía en transición. En virtud de los Artículos 4.2 a) y 4.2 b) de la Convención, los países del Anexo I se comprometen específicamente a retornar, por separado o conjuntamente, de aquí al año 2000 a sus niveles de emisión de *gases de efecto invernadero* de 1990. De no indicarse lo contrario, los demás países se denominarán 'países no incluidos en el Anexo I'. En http://unfccc.int se encontrará una lista de los países incluidos en el Anexo I.

### Países incluidos en el Anexo II
Grupo de países incluidos en el Anexo II de la *Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) de las Naciones Unidas,* incluidos todos los países pertenecientes a la OCDE en 1990. En virtud del Artículo 4.2 g) de la Convención, estos países deberían proporcionar recursos financieros para ayudar a los países en desarrollo a cumplir sus obligaciones, por ejemplo, la preparación de sus informes nacionales. Los países del Anexo II deberían también promover la transferencia de tecnologías medioambientalmente racionales a los países en desarrollo. En http://unfccc.int. se encontrará una lista de los países incluidos en el Anexo II.

### Países del Anexo B
Grupo de países del Anexo B del *Protocolo de Kyoto* que han acordado un objetivo respecto de sus emisiones de gases de efecto invernadero, incluidos todos los *países del Anexo I* (según la versión enmendada de 1998), excepto Turquía y Belarús. En http://unfccc.int. se encontrará una lista de los países incluidos en el Anexo I. Véase *Protocolo de Kyoto*.

### Paleoclima
*Clima* existente durante períodos anteriores al desarrollo de los instrumentos de medición, que abarca el tiempo histórico y el geológico, y respecto del cual solo se dispone de registros climáticos indirectos.

### Paludismo
Enfermedad parasitaria endémica o epidémica causada por una especie del género *Plasmodium* (protozoos) y transmitida a los seres humanos por mosquitos del género *Anopheles;* produce accesos de fiebre alta y trastornos sistémicos, y afecta a unos 300 millones de personas en todo el mundo, de las que fallecen unos 2 millones cada año.

### Paridad de poder adquisitivo (PPA)
El poder adquisitivo de una moneda se expresa mediante una cesta de bienes y servicios que pueden adquirirse con determinada cantidad de dinero en el país de origen. La comparación internacional, por ejemplo, del *Producto interno bruto* de varios países puede tomar como referencia el poder adquisitivo de sus monedas en lugar de los tipos de cambio actuales. Las estimaciones de PPA tienden a rebajar el PIB por habitante en los países industrializados y a elevarlo en los países en desarrollo.

### Parte interesada
Persona u organización que tiene algún interés legítimo en un proyecto o entidad, o que resultaría afectada por determinada medida o *política*.

### Pautas de variabilidad climática
La variabilidad natural del *sistema climático*, particularmente en escalas de tiempo estacionales y más prolongadas, está predominantemente asociada a pautas espaciales y escalas de tiempo preferentes, en función de las características dinámicas de la circulación atmosférica y de la interacción con las superficies terrestres y oceánicas. Tales pautas suelen denominarse *regímenes*, *modos* o *teleconexiones*. Responden a esta definición la Oscilación Noratlántica (ONA), la pauta Pacífico-Noramericana (PNA), *El Niño-Oscilación Austral* (*ENOA*), el Modo Anular Septentrional (MAS; anteriormente llamado Oscilación Ártica, OA) y el Modo Anular Austral (MAA; anteriormente llamado Oscilación Antártica, OAA). Muchos de los principales modos de variabilidad climática son abordados en la sección 3.6 del Informe del Grupo de trabajo I.

### Percentilo
Valor que indica, sobre una escala de cero a cien, el porcentaje de valores de un conjunto de datos que son iguales o inferiores a él. Suele utilizarse para estimar los extremos de una distribución. Por ejemplo, el percentilo 90 (resp.10) denota el umbral de los valores extremos superiores (resp. inferiores).

### Perfluorocarbonos (PFC)
Uno de los seis grupos de *gases de efecto invernadero* que el *Protocolo de Kyoto* se propone reducir. Son subproductos de la fundición del aluminio y del enriquecimiento del uranio. Sustituyen también a los *clorofluorocarbonos* en la fabricación de semiconductores.

### Permafrost
Terreno (suelo o roca, junto con el hielo y la materia orgánica que contienen) que permanece a un máximo de 0ºC durante al menos dos años consecutivos (Van Everdingen, 1998). Véase también *Terreno congelado*.

### Permiso negociable
Un permiso negociable es un instrumento de política económica en virtud del cual pueden comprarse y venderse derechos de emisión de polución -en este caso, una cierta cantidad de emisiones de *gases de efecto invernadero*- acudiendo a un mercado de permisos libre o controlado. Un *permiso de emisión* es un derecho no transferible o comerciable asignado por un gobierno a una entidad jurídica (empresa u otro emisor) para emitir una cantidad especificada de determinada sustancia.

### pH
Unidad sin dimensiones que mide el grado de acidez del agua (o de una solución). El agua pura tiene un pH igual a 7. Las soluciones ácidas tienen un pH inferior a esa cifra, y las soluciones básicas, superior. El pH se mide con arreglo a una escala logarítmica. Así, cuando el pH disminuye en una unidad, la acidez se multiplica por 10.

### Pila de combustible
Dispositivo que genera electricidad de manera directa y continua mediante una reacción electroquímica controlada de hidrógeno u otro combustible con

oxígeno. Cuando el combustible es hidrógeno, emite únicamente agua y calor (pero no *dióxido de carbono*), y el calor puede ser utilizado. Véase *Ciclo combinado electricidad-calor.*

## Plancton
Microorganismos que viven en las capas superiores de los sistemas acuáticos. Cabe diferenciar entre el *fitoplancton*, que depende de la fotosíntesis para abastecerse de energía, y el *zooplancton*, que se alimenta de fitoplancton.

## Políticas
En el lenguaje de la *Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) de las Naciones Unidas*, las políticas son adoptadas y/o encomendadas por los gobiernos, frecuentemente con las empresas y con la industria del país o con otros países, a fin de acelerar las medidas de *mitigación* y de *adaptación*. Por ejemplo, los *impuestos* sobre el carbono o sobre otras fuentes de energía, la implantación de normas de eficiencia de combustible para los automóviles, etc. Las *políticas comunes y coordinadas o armonizadas* son las adoptadas conjuntamente por las partes. Véase también *Medidas*.

## Post-IEEE (escenarios)
*Escenarios de emisión* de referencia y de mitigación publicados tras la conclusión del Informe del IPCC sobre escenarios de emisiones (IEEE) (Naki enovi y Swart, 2000); es decir, a partir del año 2000.

## Potencial de calentamiento mundial (PCM)
Índice basado en las propiedades radiativas de una mezcla homogénea de *gases de efecto invernadero*, que mide el *forzamiento radiativo* producido por una unidad de masa de un *gas de efecto invernadero* homogéneamente mezclado en la *atmósfera* actual, integrado a lo largo de determinado horizonte temporal, respecto del forzamiento por *dióxido de carbono*. El PCM representa el efecto combinado de los diferentes períodos de permanencia de esos gases en la atmósfera, y su eficacia relativa de absorción de la *radiación infrarroja saliente*. El *Protocolo de Kyoto* está basado en los PCM de los impulsos de emisión a lo largo de 100 años.

## Potencial de mercado
Véase *Potencial de mitigación*.

## Potencial de mitigación
En el contexto de la *mitigación del cambio climático*, grado de *mitigación* que podría conseguirse (pero que aún no se ha alcanzado) con el paso del tiempo.

El *potencial de mercado* es el potencial de *mitigación* basado en los *costos* y *tasas de descuento* privados que cabría esperar en unas condiciones de mercado previstas, incluidas las políticas y medidas actualmente vigentes, teniendo presente que los *obstáculos* limitan la incorporación efectiva. Los costos y tasas de descuento privados reflejan la perspectiva de los consumidores y empresas privados.

El *potencial económico* es el potencial de mitigación que incorpora los costos, beneficios y tasas de descuento sociales, en el supuesto de que la eficiencia del mercado mejore por efecto de las políticas y medidas y de que se eliminen los obstáculos. Los costos y tasas de descuento sociales reflejan la perspectiva de la sociedad. Las tasas de descuento sociales son más bajas que las aplicadas por los inversores privados.

Los estudios sobre el potencial de mercado sirven para informar a los responsables de políticas del potencial de mitigación existente con las políticas y obstáculos actuales, en tanto que los estudios del potencial económico indican lo que podría conseguirse si se implantaran políticas nuevas y adicionales apropiadas para eliminar los obstáculos y para tomar en cuenta los costos sociales y los beneficios. Por ello, el potencial económico suele ser mayor que el potencial de mercado.

El *potencial técnico* es el grado en que sería posible reducir las emisiones de *gases de efecto invernadero* o mejorar la eficiencia energética mediante la incorporación de una tecnología o práctica probada. Aunque no se hace referencia explícitamente a los costos, la adopción de ‘restricciones prácticas’ puede estar basada en consideraciones económicas implícitas.

## Potencial (de mitigación) económico
Véase *Potencial de mitigación*.

## Predicción
Véase *Predicción climática; Proyección climática; Proyección.*

## Predicción climática
Una *predicción climática* es el resultado de un intento de obtener una estimación de la evolución real del *clima* en el futuro, por ejemplo a escalas de tiempo estacionales, interanuales o más prolongadas. Como la evolución futura del *sistema climático* puede ser muy sensible a las condiciones iniciales, estas predicciones suelen ser probabilísticas. Véase también *Proyección climática; Escenario climático.*

## Preindustrial
Véase *Revolución industrial.*

## Probabilidad (verosimilitud)
La verosimilitud de una eventualidad o resultado, siempre que sea posible estimarla por métodos probabilísticos, se expresa en los informes del IPCC mediante una terminología estándar definida como sigue:

| Terminología | Verosimilitud del suceso/resultado |
|---|---|
| Virtualmente cierto | Probabilidad del suceso superior a 99% |
| Muy probable | Probabilidad superior a 90% |
| Probable | Probabilidad superior a 66% |
| Más probable que improbable | Probabilidad superior a 50% |
| Medianamente probable | Probabilidad entre 33 y 66% |
| Improbable | Probabilidad inferior a 33% |
| Muy improbable | Probabilidad inferior a 10% |
| Excepcionalmente improbable | Probabilidad inferior a 1% |

Véase también *Confianza; Incertidumbre*

## Producto interno bruto (PIB)
Valor monetario del conjunto de bienes y servicios producidos en un país.

## Protocolo de Kyoto
El Protocolo de Kyoto de la *Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) de las Naciones Unidas* fue adoptado en el tercer período de sesiones de la Conferencia de las Partes (COP) en la CMCC, que se celebró en 1997 en Kyoto. Contiene compromisos jurídicamente vinculantes, además de los señalados en la CMCC. Los países del *Anexo B* del Protocolo (la mayoría de los países de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos y de los países de *economía en transición*) acordaron reducir sus emisiones de *gases de efecto invernadero antropógenos (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos* y *hexafluoruro de azufre)* en un 5% como mínimo por debajo de los niveles de 1990 durante el período de compromiso de 2008 a 2012. El Protocolo de Kyoto entró en vigor el 16 de febrero de 2005.

## Proyección
Evolución potencial de una magnitud o conjunto de magnitudes, frecuentemente calculada con ayuda de un modelo. Las proyecciones se diferencian de las predicciones en que las primeras están basadas en determinados supuestos -por ejemplo, sobre el futuro socioeconómico y tecnológico, que podrían o no cumplirse- y, por consiguiente, adolecen de un grado de *incertidumbre* considerable. Véase también *Proyección climática; Predicción climática*.

## Proyección climática
*Proyección* de la respuesta del *sistema climático* a diversos *escenarios* de *emisiones* o de concentraciones de *gases* y *aerosoles de efecto invernadero*, o a escenarios de *forzamiento radiativo*, frecuentemente basada en simulaciones mediante *modelos climáticos*. La diferencia entre proyecciones climáticas y *predicciones climáticas* responde a la circunstancia de que las proyecciones climáticas dependen del escenario de emisiones/concentraciones/forzamiento radiativo utilizado, basado en supuestos relativos, por ejemplo, a un devenir socioeconómico y tecnológico que puede o no materializarse y que está sujeto, por consiguiente, a un grado de *incertidumbre* considerable.

## Pueblos indígenas
No hay ninguna definición internacionalmente aceptada de ‘pueblo indígena’. Algunas características comunes frecuentemente contempladas en el derecho internacional y por los organismos de las Naciones Unidas para caracterizar los pueblos indígenas son: residencia en o vinculación a hábitats tradicionales geográficamente diferenciados, o a territorios ancestrales, y a sus recursos naturales; conservación de la identidad cultural y social, y mantenimiento de

instituciones sociales, económicas, culturales y políticas paralelas a las de las sociedades y culturas predominantes o dominantes; proveniencia de grupos de población presentes en una área dada, por lo general desde antes de que se crearan los estados o territorios modernos y se definieran las fronteras actuales; e identificación de sí propio como parte de un grupo cultural indígena diferenciado, y deseo de preservar esa identidad cultural.

## R.

### Radiación infrarroja térmica
Radiación emitida por la superficie de la Tierra, por la *atmósfera* y por las nubes. Se denomina también *radiación terrena o de gran longitud de onda*, y no debe confundirse con la radiación cuasi-infrarroja del espectro solar. Por lo general, la radiación infrarroja abarca un intervalo característico de longitudes de onda (*espectro*) más largas que la del rojo en la parte visible del espectro. En la práctica, el espectro de la radiación infrarroja térmica es distinto del de la *radiación de onda corta o solar*, debido a la diferencia de temperaturas entre el Sol y el sistema Tierra-atmósfera.

### Radiación solar
Radiación electromagnética emitida por el Sol. Se denomina también *radiación de onda corta*. La radiación solar abarca un intervalo característico de longitudes de onda (espectro), determinado por la temperatura del Sol, cuyo máximo se alcanza en el espectro visible. Véase también *Radiación infrarroja térmica, Irradiancia solar total.*

### Recuperación de metano
Captación de las emisiones de gas *metano* (por ejemplo, en pozos de petróleo o de gas, estratos de carbón, turberas, gasoductos, vertederos, o digestores anaeróbicos) para utilizarlo como combustible o para algún otro fin económico (por ejemplo, como insumo para un proceso químico).

### Reemplazo de combustible
En términos generales, consiste en la introducción de un combustible A en sustitución de otro combustible B. En el contexto del cambio climático, se sobreentiende que A tiene un contenido de carbono menor que B (por ejemplo, el gas natural como reemplazo del carbón).

### Reequipamiento
Instalación de elementos de equipo nuevos o modificados, o modificaciones estructurales de la *infraestructura* existente que no era posible o no se consideraba necesaria en el momento de la construcción. En el contexto del *cambio climático*, el reequipamiento suele adoptarse para que la infraestructura existente cumpla las nuevas especificaciones de diseño impuestas por una alteración del clima.

### Reforestación
Plantación de *bosques* en tierras que ya habían contenido bosque pero que habían sido destinadas a otro uso. El término bosque y otros términos de naturaleza similar, como *forestación, reforestación* y *deforestación*, están explicados en el Informe especial del IPCC sobre uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (IPCC, 2000). Véase también Report on Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types (IPCC, 2003).

### Región
Territorio caracterizado por determinados rasgos geográficos y climatológicos. El *clima* de una región está afectado por forzamientos de escala regional y local, como la topografía, las características de los *usos de la tierra*, los lagos, etc., y por influencias provenientes de regiones distantes.

### Región árida
Región con bajos niveles de precipitación, entendiéndose generalmente por ello un valor inferior a 250 mm de precipitación anual.

### Resiliencia
Capacidad de un sistema social o ecológico para absorber una alteración sin perder ni su estructura básica o sus modos de funcionamiento, ni su capacidad de autoorganización, ni su capacidad de adaptación al estrés y al cambio.

### Respuesta climática
Véase *Sensibilidad climática*.

### Retroefecto
Véase *Retroefecto climático*.

### Retroefecto climático
Mecanismo de interacción entre procesos del *sistema climático* en virtud del cual el resultado de un proceso inicial desencadena cambios en un segundo proceso que, a su vez, influye en el proceso inicial. Un retroefecto positivo intensifica el proceso original, mientras que un retroefecto negativo lo reduce.

### Retroefecto de albedo
*Retroefecto climático* que comporta cambios en el *albedo* de la Tierra. Suele consistir en alteraciones de la *criosfera*, cuyo albedo es mucho más alto (~0.8) que el valor promedio en todo el planeta (~0,3). En un clima más cálido, las previsiones indican que la criosfera se reducirá, disminuyendo con ello el albedo total y absorbiéndose más energía solar que, a su vez, elevará aun más la temperatura de la Tierra.

### Retroefecto de nube
*Retroefecto climático* que comporta cambios en alguna de las propiedades de las nubes en respuesta a otros cambios atmosféricos. Para comprender los retroefectos de nube y determinar su magnitud y su signo hay que conocer previamente en qué manera afectan las variaciones del *clima* al espectro de tipos de nube, a la fracción de nubes, a la altura y a las propiedades radiativas de la nubes, y estimar el impacto de esos cambios en el presupuesto radiativo de la Tierra. En la actualidad, los retroefectos de nube constituyen la mayor fuente de *incertidumbre* en las estimaciones de la *sensibilidad climática*. Véase también *Forzamiento radiativo*.

### Revolución industrial
Período de rápido crecimiento industrial, con consecuencias sociales y económicas de gran alcance, que comenzó en Gran Bretaña en la segunda mitad del siglo XVIII, extendiéndose después a Europa y, posteriormente, a otros países, entre ellos Estados Unidos. El invento de la máquina de vapor fue uno de sus principales desencadenantes. La revolución industrial señala el comienzo de un fuerte aumento de la utilización de *combustibles fosílicos* y de las emisiones, particularmente de *dióxido de carbono* de origen fósil. En el presente Informe, los términos *preindustrial* e *industrial* designan, un tanto arbitrariamente, los períodos anterior y posterior a 1750, respectivamente.

## S.

### Salinización
Acumulación de sales en los suelos.

### Secuestro de carbono
Véase *Incorporación.*

### Seguridad alimentaria
Situación de una población en que esta tiene acceso seguro a cantidades suficientes de alimentos inocuos y nutritivos para su crecimiento y desarrollo normal y para una vida activa y sana. La *inseguridad alimentaria* puede deberse a la falta de alimentos, a un poder adquisitivo insuficiente, o a la distribución o uso inapropiados de los alimentos en la unidad familiar.

### Sensibilidad
Grado en que un sistema resulta afectado, positiva o negativamente, por la *variabilidad* o el *cambio climático*. Los efectos pueden ser directos (por ejemplo, un cambio en el rendimiento de los cultivos en respuesta a una variación de la temperatura media, de los intervalos de temperaturas o de la variabilidad de la temperatura) o indirectos (por ejemplo, daños causados por una mayor frecuencia de inundaciones costeras por haber aumentado el *nivel del mar*).

No debe confundirse este significado de sensibilidad con el de *sensibilidad climática*, definido más adelante.

### Sensibilidad climática
En los informes del IPCC, la *sensibilidad climática en equilibrio* denota el cambio en condiciones de equilibrio de la *temperatura media mundial* anual en superficie por efecto de una duplicación de la *concentración atmosférica de dióxido de carbono equivalente*. Debido a ciertas limitaciones de orden computacional, la sensibilidad climática en equilibrio de un *modelo climático* suele estimarse ejecutando un modelo de circulación general atmosférica

acoplado a un modelo oceánico de capa mixta, ya que la sensibilidad climática en equilibrio está en gran parte determinada por los procesos atmosféricos. Pueden utilizarse modelos eficientes conducentes a condiciones de equilibrio con un océano dinámico. La *respuesta climática episódica* es la variación de la *temperatura mundial en superficie* promediada a lo largo de 20 años, centrada en el instante de duplicación del dióxido de carbono atmosférico, es decir, en el año 70 de un experimento de incremento de un 1% anual de dióxido de carbono en compuestos con un modelo climático acoplado mundial. Denota la magnitud y rapidez de la respuesta de la temperatura en superficie al forzamiento por *gases de efecto invernadero*.

### Sequía
En términos generales, la sequía es una "ausencia prolongada o insuficiencia acentuada de precipitación", o bien una "insuficiencia que origina escasez de agua para alguna actividad o grupo de personas", o también "un período de condiciones meteorológicas anormalmente secas suficientemente prolongado para que la ausencia de precipitación ocasione un importante desequilibrio hidrológico" (Heim, 2002). La sequía se ha definido de distintas maneras. La *sequía agrícola* denota un déficit de humedad en el metro más externo de espesor del suelo (la zona radicular), que afecta los cultivos; la *sequía meteorológica* se identifica principalmente mediante un déficit prolongado de precipitación; y la *sequía hidrológica* se caracteriza por un caudal fluvial o por un nivel lacustre y freático inferior a los valores normales. Las *megasequías* son sequías prolongadas y extensas que duran mucho más de lo normal, generalmente un decenio como mínimo.

### Singularidad
Rasgo que distingue un fenómeno de otros; cualquier cosa singular, diferente, peculiar, inhabitual o poco común.

### Sistema climático
El sistema climático es un sistema muy complejo que consta de cinco componentes principales (*atmósfera, hidrosfera, criosfera,* superficie terrestre y *biosfera*) y de las interacciones entre ellos. El sistema climático evoluciona en el tiempo bajo la influencia de su propia dinámica interna y por efecto de *forzamientos externos*, como las erupciones volcánicas o las variaciones solares, y de forzamientos *antropógenos*, como el cambio de composición de la atmósfera o el *cambio de uso de la tierra.*

### Sistemas hidrológicos
Véase *Ciclo hidrológico*.

### Sistema humano
Sistema en el cual las organizaciones humanas desempeñan un papel de primer orden. Frecuentemente, aunque no siempre, es sinónimo de *sociedad*, o de *sistema social*; por ejemplo, los sistemas agrícolas, los sistemas políticos, los sistemas tecnológicos: todos ellos son sistemas humanos, en el sentido adoptado en el Cuarto Informe de Evaluación.

### Suelo estacionalmente congelado
Véase *Terreno congelado*.

### Sumidero
Todo proceso, actividad o mecanismo que detrae de la *atmósfera* un *gas de efecto invernadero*, un *aerosol*, o alguno de sus precursores.

## T.

### Tasa de descuento
Véase *Descuento*.

### Tecnología
Aplicación práctica de conocimientos para conseguir un fin específico haciendo uso tanto de artefactos técnicos (*hardware*, equipamiento) como de información (social) ('*software*' o *know-how* para la producción y utilización de artefactos).

### Temperatura de perforación
Las temperaturas de perforación se miden en muestras perforadas hasta decenas a centenares de metros de profundidad bajo la superficie de la tierra. Los perfiles de temperatura-profundidad de perforación se utilizan habitualmente para inferir variaciones temporales de la temperatura superficial del terreno a escalas de tiempo seculares.

### Temperatura del suelo
Temperatura del terreno cerca de la superficie (frecuentemente, en los 10 cm superiores).

### Temperatura superficial
Véase *Temperatura superficial mundial*.

### Temperatura superficial mundial
Estimación de la temperatura media mundial del aire en la superficie. Para las variaciones a lo largo del tiempo, sin embargo, se utilizan únicamente las anomalías (por ejemplo, las desviaciones respecto de la climatología), generalmente en forma de promedio mundial ponderado en área de la anomalía de temperatura en la superficie del mar y de la anomalía de temperatura del aire en la superficie terrestre.

### Terreno congelado
Suelo o masa rocosa en que el agua de los poros se encuentra total o parcialmente congelada (Van Everdingen, 1998). El *permafrost* es un caso particular de terreno congelado. Cuando experimenta un ciclo anual de congelación-fusión se denomina *terreno estacionalmente congelado*.

### Tipo de cambio de mercado (TCM)
Tasa de cambio de las monedas extranjeras. La mayoría de las economías fijan diariamente los tipos de cambio, que varían poco de uno a otro mercado cambiario. En algunas economías en desarrollo, las tasas oficiales y las tasas del mercado negro pueden diferir considerablemente, y la TCM es difícil de determinar.

### Transferencia de tecnología
Intercambio de conocimientos, de *hardware* y del *software* correspondiente, de dinero y de bienes entre partes interesadas, que permite difundir una *tecnología* con fines de *adaptación* o de *mitigación*. Abarca tanto la difusión de tecnologías como la cooperación tecnológica entre países o en el interior de un mismo país.

### Trayectoria de emisión
Proyección de la evolución a lo largo del tiempo de la emisión de un *gas de efecto invernadero* o grupo de gases de efecto invernadero, de *aerosoles* y de precursores de gases de efecto invernadero.

### Trayectoria de tempestad
Originalmente, denotaba la trayectoria de un sistema atmosférico ciclónico, pero en la actualidad suele designar, en términos más generales, la *región* barrida por la trayectoria principal de una perturbación extratropical descrita en términos de sistemas de baja presión (ciclónicos) y de alta presión (anticiclónicos).

### Tropopausa
Frontera entre la *troposfera* y la *estratosfera*.

### Troposfera
Parte más inferior de la *atmósfera*, que abarca desde la superficie hasta unos 10 km de altitud en latitudes medias (de 9 km en latitudes altas a 16 km en los trópicos, en promedio), en la cual se producen las nubes y los fenómenos meteorológicos. En la troposfera, las temperaturas suelen disminuir con la altura.

## U.

### Último interglacial (UIG)
Véase *Interglaciales*.

### Uso de la tierra y cambio de uso de la tierra
El *uso de la tierra* es el conjunto de disposiciones, actividades y aportes en relación con cierto tipo de cubierta terrestre (es decir, un conjunto de acciones humanas). Designa también los fines sociales y económicos que guían la gestión de la tierra (por ejemplo, el pastoreo, la extracción de madera, o la conservación).

El *cambio de uso de la tierra* es un cambio del uso o gestión de la tierra por los seres humanos, que puede inducir un cambio de la cubierta terrestre. Los cambios de la cubierta terrestre y de uso de la tierra pueden influir en el *albedo* superficial, en la *evapotranspiración*, en las *fuentes* y *sumideros* de *gases de efecto invernadero*, o en otras propiedades del *sistema climático*, por lo que pueden ejercer un *forzamiento radiativo* y/o otros impactos sobre el *clima*,

a nivel local o mundial. Véase también el Informe del IPCC sobre uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (IPCC, 2000).

### Urbanización

Conversión en ciudades de tierras que se encontraban en estado natural o en un estado natural gestionado (por ejemplo, las tierras agrícolas); proceso originado por una migración neta del medio rural al urbano, que lleva a un porcentaje creciente de la población de una nación o región a vivir en asentamientos definidos como *centros urbanos.*




### Variabilidad climática

El concepto de variabilidad climática denota las variaciones del estado medio y otras características estadísticas (desviación típica, sucesos extremos, etc.) del *clima* en todas las escalas espaciales y temporales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos. La variabilidad puede deberse a procesos internos naturales del *sistema climático (variabilidad interna)* o a *variaciones del forzamiento externo* natural o antropógeno (*variabilidad externa*). Véase también *Cambio climático*.

### Vector

Organismo hematófago (por ejemplo, un insecto) que transmite un organismo patógeno de un portador a otro.

### Vía o recorrido de desarrollo

Evolución basada en una serie de características tecnológicas, económicas, sociales, institucionales, culturales y biofísicas que determinan las interacciones entre los *sistemas humanos* naturales e, incluidas las pautas de producción y consumo en todos los países, a lo largo del tiempo y a una escala dada. Las *vías de desarrollo alternativas* son diferentes trayectorias de desarrollo posibles, una de las cuales es la continuación de las tendencias actuales.

### Vulnerabilidad

Grado de susceptibilidad o de incapacidad de un *sistema* para afrontar los efectos adversos del *cambio climático* y, en particular, la *variabilidad del clima* y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad dependerá del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático a que esté expuesto un sistema, y de su *sensibilidad* y *capacidad de adaptación*.

## Z.

### Zooplancton

Véase *Plancton.*

### Referencias


Glosarios de las contribuciones de los Grupos de trabajo I, II y III del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC.

AMS, 2000: *AMS Glossary of Meteorology,* Segunda edición. American Meteorological Society, Boston, MA, http://amsglossary.allenpress.com/glossary/browse.

Cleveland, C.J. y C. Morris, 2006: Dictionary of Energy, Elsevier, Amsterdam, 502 págs.

Heim, R.R., 2002: *A Review of Twentieth-Century Drought Indices Used in the United States.* Bull. Am. Meteorol. Soc., 83, págs. 1149-1165.

IPCC, 1996: *Cambio Climático 1995: La ciencia del cambio climático. Contribución del Grupo de trabajo I al Segundo Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático,* [Houghton, J.T. y colaboradores (directores de la publicación)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos, 572 págs.

IPCC, 2000: *Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. Informe Especial del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Watson, R.T. y colaboradores (directores de la publicación)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos, 377 págs.

IPCC, 2003: *Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-Induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types* [Penman, J. y colaboradores (directores de la publicación)]. The Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Japón, 32 págs.

UICN, 1980: *The World Conservation Strategy: living resource conservation for sustainable development,* Gland, Suiza, UICN/PNUMA/WWF.

Manning, M. y colaboradores, 2004: *IPCC Workshop on Describing Scientific Uncertainties in Climate Change to Support Analysis of Risk of Options.* Informe del cursillo. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Ginebra.

Moss, R. y S. Schneider, 2000: *Uncertainties in the IPCC TAR: Recommendations to Lead Authors for More Consistent Assessment and Reporting.* En: IPCC Supporting Material: Guidance Papers on Cross Cutting Issues in the Third Assessment Report of the IPCC. [Pachauri, R., T. Taniguchi, y K. Tanaka (directores de la publicación)]. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Ginebra, págs. 33-51.

Nakičenovič, N. y R. Swart (directores de la publicación): 2000: *Special Report on Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos, págs. 599.

Van Everdingen, R. (director de la publicación): 1998. *Multi-Language Glossary of Permafrost and Related Ground-Ice Terms,* revisado en mayo de 2005. National Snow and Ice Data Center/World Data Center for Glaciology, Boulder, CO, http:// nsidc.org/fgdc/glossary/.

# Anexo III

# Siglas, símbolos químicos, unidades científicas y grupos de países

## III.1 Siglas y símbolos químicos

| | |
|---|---|
| A1 | Familia de escenarios del Informe Especial sobre escenarios de emisiones del IPCC; *véase el glosario (Escenarios IEEE).* |
| A1B | Uno de los seis escenarios testimoniales IEEE; *véase el glosario (Escenarios IEEE)* |
| A1FI | Uno de los seis escenarios testimoniales IEEE; *véase el glosario (Escenarios IEEE).* |
| A1T | Uno de los seis escenarios testimoniales IEEE; *véase el glosario (Escenarios IEEE).* |
| A2 | Familia de escenarios del Informe especial sobre escenarios de emisiones del IPCC; es también uno de los seis escenarios testimoniales IEEE; *véase el glosario (Escenarios IEEE).* |
| B1 | Familia de escenarios del Informe especial del IPCC sobre escenarios de emisiones; denota también uno de los seis escenarios testimoniales IEEE; *véase el glosario (Escenarios IEEE)* |
| B2 | Familia de escenarios del Informe especial sobre escenarios de emisiones del IPCC; denota también uno de los seis escenarios testimoniales IEEE; *véase el glosario (Escenarios IEEE* |
| CFC | Clorofluorocarbono; *véase el glosario* |
| $CH_4$ | Metano; *véase el glosario* |
| CMCC | Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas; véase www.unfccc.int |
| CMR | Circulación de renuevo meridional; *véase el glosario* |
| $CO_2$ | Dióxido de carbono; *véase el glosario* |
| EET | Economía en transición; *véase el glosario* |
| ENOA | El Niño-Oscilación Austral; *véase el glosario* |
| Gases-F | Gases fluorados contemplados en el Protocolo de Kyoto; *véase el glosario (Gases-F)* |
| HCFC | Hidroclorofluorocarbono; *véase el glosario* |
| HFC | Hidrofluorocarbono; *véase el glosario* |
| I+D+D | Investigación, desarrollo y demostración |
| IEEE | Informe especial sobre escenarios de emisiones; *véase el glosario (Escenarios IEEE)* |
| MCGAO | Modelo de Circulación General Atmósfera-Océano; *véase el glosario (Modelo climático).* |
| MCIT | Modelo Terreno de Complejidad Intermedia |
| MCS | Modelo Climático Simple |
| $N_2O$ | Óxido nitroso; *véase el glosario* |
| NDCC | Nivel de conocimiento científico; *véase el glosario* |
| OCDE | Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos; véase www.oecd.org |
| PFC | Perfluorocarbono; *véase el glosario* |
| pH | *Véase el glosario* (pH) |
| PIB | Producto interno bruto; *véase el glosario* |
| PPA | Paridad de poder adquisitivo; *véase el glosario* |
| $SF_6$ | Hexafluoruro de azufre; *véase el glosario* |

## III.2 Unidades científicas

**Unidades SI (Sistema Internacional)**

| *Cantidad física* | *Nombre de la unidad* | *Símbolo* |
|---|---|---|
| Longitud | Metro | m |
| Masa | kilogramo | kg |
| Tiempo | Segundo | s |
| Temperatura termodinámica | Kelvin | K |

**Fracciones y múltiplos**

| *Fracción* | *Prefijo* | *Símbolo* | *Múltiple* | *Prefijo* | *Símbolo* |
|---|---|---|---|---|---|
| $10^{-1}$ | deci | d | 10 | deca | da |
| $10^{-2}$ | centi | c | $10^{2}$ | hecto | h |
| $10^{-3}$ | milli | m | $10^{3}$ | kilo | k |
| $10^{-6}$ | micro | µ | $10^{6}$ | mega | M |
| $10^{-9}$ | nano | n | $10^{9}$ | giga | G |
| $10^{-12}$ | pico | p | $10^{12}$ | tera | T |
| $10^{-15}$ | femto | f | $10^{15}$ | peta | P |

**Unidades ajenas al SI, cantidades y abreviaturas relacionadas**

| | |
|---|---|
| °C | grados Celsius (0°C = 273 K aproximadamente); las diferencias de temperatura se indican también en °C (=K), aunque sería más correcto “grados Celsius” |
| ppm | coeficiente de mezclado (como indicador de la concentración de GEI): ppm ($10^{6}$) por unidad de volumen |
| ppmm | coeficiente de mezclado (como indicador de la concentración de GEI): partes por 1000 millones ($10^{9}$) por unidad de volumen |
| ppb | coeficiente de mezclado (como indicador de la concentración de GEI): partes por millón ($10^{12}$) por unidad de volumen |
| watio | potencia o flujo radiante; 1 watio = 1 julio/segundo = 1 kg $m^2/s^3$ |
| a | año |
| ka | miles de años |
| bp | antes del presente |
| GtC | gigatoneladas (métricas) de carbono |
| $GtCO_2$ | gigatoneladas (métricas) de dióxido de carbono (1 GtC = 3,7 $GtCO_2$) |
| $CO_2$-eq | dióxido de carbono-equivalente, utilizado como indicador del nivel de emisión (expresado por lo general en $GtCO_2$-eq) o de concentración (expresado por lo general en ppm de $CO_2$-eq) de GEI; para una más amplia información, véase el recuadro “Emisiones y concentraciones de dióxido de carbono-equivalente” del Tema 2. |

## III.3 Grupos de países

La lista completa de los países incluidos en el Anexo I de la CMCC, de los no incluidos en el Anexo I y de la OCDE figura en: http://www.unfccc.int y en http://www.oecd.org.

En el presente Informe, por conveniencia, los países han sido agrupados por regiones, conforme a la clasificación de la CMCC y de su Protocolo de Kyoto. Por consiguiente, los países incorporados a la Unión Europea a partir de 1997 figuran todavía como EET del Anexo I. Los grupos regionales mencionados en el presente Informe abarcan:*

- **EET, Anexo I:** Belarús, Bulgaria, Croacia, República Checa, Estonia, Hungría, Letonia, Lituania, Polonia, Rumania, Federación de Rusia, Eslovaquia, Eslovenia, Ucrania
- **Europa, Anexo II, más Mónaco y Turquía:** Austria, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Islandia, Irlanda, Italia, Liechtenstein, Luxemburgo, Países Bajos, Noruega, Portugal, España, Suecia, Suiza, Reino Unido; Mónaco y Turquía
- **JANZ:** Japón, Australia, Nueva Zelandia.
- **Oriente Medio:** Bahrein, República Islámica del Irán, Israel, Jordania, Kuwait, Líbano, Omán, Qatar, Arabia Saudita, Siria, Emiratos Árabes Unidos, Yemen
- **América Latina y el Caribe:** Antigua y Barbuda, Argentina, Bahamas, Barbados, Belice, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Dominica, República Dominicana, Ecuador, El Salvador, Granada, Guatemala, Guyana, Haití, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Santa Lucía, Saint Kitts y Nevis-Anguila, San Vicente y las Granadinas, Suriname, Trinidad y Tabago, Uruguay, Venezuela
- **Asia oriental, no incluidos en el Anexo I:** Camboya, China, Corea (RPD), Laos (RDP), Mongolia, República de Corea, Viet Nam.
- **Asia meridional:** Afganistán, Bangladesh, Bhután, Comoras, Islas Cook, Fiji, India, Indonesia, Kiribati, Malasia, Maldivas, Islas Marshall, Micronesia (Estados Federados de), Myanmar, Nauru, Niué, Nepal, Pakistán, Palau, Papua Nueva Guinea, Filipinas, Samoa, Singapur, Islas Salomón, Sri Lanka, Tailandia, Timor Oriental, Tonga, Tuvalu, Vanuatu,
- **América del Norte:** Canadá, Estados Unidos de América.
- **Otros países no incluidos en el Anexo I:** Albania, Armenia, Azerbaiyán, Bosnia Herzegovina, Chipres, Georgia, Kazajstán, Kirguistán, Malta, Moldova, San Marino, Serbia, Tayikistán, Turkmenistán, Uzbekistán, República de Macedonia.
- **África:** Argelia, Angola, Benin, Botswana, Burkina Faso, Burundi, Camerún, Cabo Verde, República Centroafricana, Chad, Congo, República Democrática del Congo, Côte d'Ivoire, Djibouti, Egipto, Guinea Ecuatorial, Eritrea, Etiopía, Gabón, Gambia, Ghana, Guinea, Guinea-Bissau, Kenya, Lesotho, Liberia, Libia, Madagascar, Malawi, Malí, Mauritania, Mauricios, Marruecos, Mozambique, Namibia, Níger, Nigeria, Rwanda, Santo Tomé y Príncipe, Senegal, Seychelles, Sierra Leona, Sudáfrica, Sudán, Swazilandia, Togo, Túnez, Uganda, República Unida de Tanzanía, Zambia, Zimbabwe.

*****No había disponible ninguna lista completa de datos respecto de todos los países en el año 2004.

# Anexo IV

## Lista de autores

Cuando el país o países de residencia son diferentes del de nacionalidad, esta se indica en último lugar.

### IV.1 Miembros del equipo de redacción principal


BERNSTEIN, Lenny
L.S. Bernstein & Associates, L.L.C.
Estados Unidos

BOSCH, Peter
Dependencia de Apoyo Técnico del GTIII del IPCC, Ecofys Netherlands y Organismo de Evaluación Medioambiental de los Países Bajos
PAÍSES BAJOS

CANZIANI, Osvaldo
Copresidente del GTII del IPCC, Buenos Aires
ARGENTINA

CHEN, Zhenlin
Departamento de cooperación internacional, Administración Meteorológica China
CHINA

CHRIST, Renate
Secretaría, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)
SUIZA/AUSTRIA

DAVIDSON, Ogunlade
Copresidente del GTIII del IPCC, Facultad de Ingeniería, Universidad de Sierra Leona
SIERRA LEONA

HARE, William
Instituto de Investigaciones sobre el Impacto Climático de Potsdam
ALEMANIA/AUSTRALIA

HUQ, Saleemul
Instituto Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo (IIMAD)
REINO UNIDO/BANGLADESH

KAROLY, David
Escuela de Meteorología, Universidad de Oklahoma, Estados Unidos, y Universidad de Melbourne, Australia
ESTADOS UNIDOS/AUSTRALIA

KATTSOV, Vladimir
Observatorio Geofísico Principal de Voeikov
RUSIA

KUNDZEWICZ, Zbyszek
Centro de Investigaciones sobre el Medio Ambiente Agrícola y Forestal Academias de Ciencias de Polonia
POLONIA

LIU, Jian
Secretaría, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)
SUIZA/CHINA

LOHMANN, Ulrike
ETH Zurich, Instituto de Ciencias Atmosféricas y Climáticas
SUIZA

MANNING, Martin
Dependencia de Apoyo Técnico del GTI del IPCC, Corporación Universitaria de Ciencias Atmosféricas
ESTADOS UNIDOS/NUEVA ZELANDIA

MATSUNO, Taroh
Centro de Investigaciones Avanzadas sobre el Cambio Mundial Organismo de Ciencia y Tecnología Marina-Terrena
JAPÓN

MENNE, Bettina
Organización Mundial de la Salud (OMS), Oficina Regional para Europa
ITALIA/ALEMANIA

METZ, Bert
Copresidente del GTIII del IPCC, División de Evaluación del Medio Ambiente Mundial Organismo de Evaluación Medioambiental de los Países Bajos
PAÍSES BAJOS

MIRZA, Monirul
Adaptation & Impacts Research Division (AIRD), Environment Canada, y Departamento de Ciencias Físicas y Medioambientales, Universidad de Toronto
CANADÁ/BANGLADESH

NICHOLLS, Neville
Escuela de Geografía y Ciencias Medioambientales, Universidad de Monash
AUSTRALIA

NURSE, Leonard
Centro de Gestión de Recursos y Estudios Medioambientales de Barbados, University of West Indies
BARBADOS

PACHAURI, Rajendra
Presidente del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y Director General, Instituto de Energía y Recursos (IER)
INDIA

PALUTIKOF, Jean
Dependencia de Apoyo Técnico del GTII del IPCC, Centro Hadley de la Oficina Meteorológica del Reino Unido
REINO UNIDO

PARRY, Martin
Copresidente del GTII del IPCC, Centro Hadley de la Oficina Meteorológica del Reino Unido, y Centro de Políticas Medioambientales, Imperial College, Universidad de Londres
REINO UNIDO

QIN, Dahe
Copresidente del GTI del IPCC, Administración Meteorológica China
CHINA

RAVINDRANATH, Nijavalli
Centro de Ciencias Ecológicas, Instituto de Ciencias de India
INDIA

REISINGER, Andy
Dependencia de Apoyo Técnico del IDS del IPCC, Centro Hadley de la Oficina Meteorológica del Reino Unido, Reino Unido, y el Instituto de Energía y Recursos (IER), India
REINO UNIDO/INDIA/ALEMANIA

REN, Jiawen
Instituto de Investigación sobre Medio Ambiente e Ingeniería de las Regiones Frías y Áridas, Academias de Ciencias de China
CHINA

RIAHI, Keywan
International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), y Universidad Tecnológica de Graz
AUSTRIA

ROSENZWEIG, Cynthia
Goddard Institute for Space Studies, Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA)
ESTADOS UNIDOS

RUSTICUCCI, Matilde
Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Universidad de Buenos Aires
ARGENTINA

SCHNEIDER, Stephen
Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad de Stanford,
ESTADOS UNIDOS

SOKONA, Youba
Observatorio del Sahara y del Sahel (OSS)
TÚNEZ/MALÍ

SOLOMON, Susan
Copresidente del GTI IPCC, Laboratorio de Investigaciones sobre el sistema Tierra de la NOAA
ESTADOS UNIDOS

STOTT, Peter
Centro Hadley de la Oficina Meteorológica del Reino Unido
REINO UNIDO

STOUFFER, Ronald
Laboratorio Geofísico de DInámica de Fluidos de la NOAA
ESTADOS UNIDOS

SUGIYAMA, Taishi
Proyecto Políticas Climáticas, Instituto Central de Investigaciones de la Industria de Energía Eléctrica (ICIIEE)
JAPÓN

SWART, Rob
Organismo de Evaluación Medioambiental de los Países Bajos
PAÍSES BAJOS

TIRPAK, Dennis
Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible (IISD)
ESTADOS UNIDOS

VOGEL, Coleen
Departamento de Geografía, Universidad de Witwatersrand
SUDÁFRICA

YOHE, Gary
Departamento de Economía, Universidad de Wesleyan
ESTADOS UNIDOS

## IV.2 Miembros del Equipo de redacción ampliado

BARKER, Terry
Centro de Investigación sobre Mitigación del Cambio Climático de Cambridge, Universidad de Cambridge
REINO UNIDO

# Anexo V

## Lista de revisores y correctores de pruebas

### V.1 Revisores

De conformidad con el reglamento del IPCC, el proyecto de IDS fue enviado para su revisión formal a más de 2.400 expertos, así como a los 193 gobiernos integrantes del IPCC. En el presente anexo se enumeran los expertos y organizaciones internacionales que presentaron comentarios de revisión sobre el proyecto de IDS, cuyos comentarios fueron considerados por el equipo de redacción principal en su revisión del proyecto de informe.

Nota: Las organizaciones internacionales figuran al final.

**Alemania**
BRUCKNER, Thomas
Universidad Técnica de Berlín

GERTEN, Dieter
Instituto de Investigaciones sobre el Impacto Climático de Potsdam

GRASSL, Hartmut
Instituto de Meteorología Max Planck

KUCKSHINRICHS, Wilhelm
Centro de Investigaciones Juelich

LAWRENCE, Mark
Instituto de Química Max Planck

MATZARAKIS, Andreas
instituto meteorológico, Universidad de Friburgo

MUELLER, Rolf
Centro de Investigaciones Juelich

SCHWARZER, Klaus
Instituto de Geociencias, Universidad de Kiel

TREBER, Manfred
Germanwatch

WALTHER, Gian-Reto
Universidad de Bayreuth

WELP, Martin
Universidad de ciencias aplicadas, Eberswalde

WILLEBRAND, Jürgen
Leibniz Institut für Meereswissenschaften

WINDHORST, Wilhelm
Centro de Ecología, Universidad de Kiel

WURZLER, Sabine
Organismo Estatal de Naturaleza, Medio Ambiente y Protección del Consumidor de Nordrhein-Westfalia

**Arabia Saudita**
ALFEHAID, Mohammed
Ministerio del Petróleo

BABIKER, Mustafa
Saudi Aramco

**Argentina**
DEVIA, Leila
Instituto Nacional de Tecnología Industrial

TRAVASSO, María Isabel
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

WEHBE, Mónica Beatriz
Universidad Nacional de Río Cuarto

**Australia**
BARNETT, Jon
Universidad de Melbourne

BINDOFF, Nathaniel
CSIRO MAR y Universidad de Tasmania

BRUNSKILL, Gregg
Instituto Australiano de Ciencias Marinas

CHAMBERS, Lynda
Centro de investigaciones del Organismo de Meteorología

CHURCH, John
CSIRO

JONES, Roger
CSIRO

KAY, Robert
Coastal Zone Management Pty Ltd

LOUGH, Janice
Instituto Australiano de Ciencias Marinas

MANTON, Michael
Universidad de Monash

SHEARMAN, David
Universidad de Adelaida

WALKER, George
Aon Re Asia Pacific

WATKINS, Andrew
Centro Nacional sobre el Clima, Organismo Meteorológico de Australia

WHITE, David
ASIT Consulting

YOUNUS, Aboul Fazal
Bangladesh Unnaya Parishad y Universidad de Adelaida

**Austria**
CLEMENS, Torsten
OMV Exploration and Production

KASER, Georg
Institut fuer Geographie
Universidad de Innsbruck

KIRCHENGAST, Gottfried
Centro Wegener sobre el Clima y el Cambio Mundial, Universidad de Graz

MA, Tieju
International Institute for Applied Systems Analysis

PAULI, Harald
Universidad de Viena y Academia de Ciencias de Austria

SCHRÖTER, Dagmar
Umweltbundesamt GmbH

**Bélgica**
KJAER, Christian
Asociación Europea de Energía Eólica

SAWYER, Steve
Consejo Mundial de Energía Eólica

VERHASSELT, Yola
Universidad Vrije de Bruselas

**Benin**
YABI, Ibouraïma Fidele
Universidad de Aborney-Calavi

**Bolivia**
HALLOY, Stephan
Conservación Internacional

**Brasil**
AMBRIZZI, Tercio
Universidad de São Paulo

BUSTAMANTE, Mercedes
Universidad de Brasilia

GOMES, Marcos
Universidad Católica Pontificia de Rio de Janeiro

MOREIRA, José
Instituto de Electrotecnia y Energía

SANT'ANA, Silvio
Fundaçao Grupo Esquel Brasil

**Bulgaria**
YOTOVA, Antoaneta
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

**Canadá**
AMIRO, Brian
Universidad de Manitoba

BARBER, David
Universidad de Manitoba

BELTRAMI, Hugo
Universidad de San Francisco Javier

BERRY, Peter
Health Canada

BRADY, Michael
Recursos Naturales de Canadá
Canadá Servicio Forestal

CHURCH, Ian
Gobierno de Yukon

CLARKE, R. Allyn
Pesquerías y Océanos, Instituto Bedford de Oceanografía

FISHER, David A
Recursos Naturales de Canadá

GRANDIA, Kevin
DeSmogBlog Society of British Columbia

HUPE, Jane
OACI

JACKSON, David
Instituto McMaster de Estudios sobre Energía

JANZEN, Henry
Agricultura y Agroalimentación de Canadá

JEFFERIES, Robert
Universidad de Toronto

LEMMEN, Donald
Recursos Naturales de Canadá

MICHAUD, Yves
Comisión Geológica de Canadá

NYBOER, John
Universidad Simon Fraser

SMITH, Sharon
Comisión Geológica de Canadá

**China**
FANG, Xiuqi
Universidad Normal de Beijing

GUO, Xueliang
Instituto de Física Atmosférica, Academia de Ciencias de China

LAM, Chiu-Ying
Observatorio de Hong Kong

REN, Guoyu
Centro Nacional para el Clima
SU, Jilan
Segundo Instituto de Oceanografía, Administración Oceánica del Estado

WANG, Bangzhong
Administración Meteorológica China

YINGJIE, Liu
Instituto de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible Agrícola

ZHAO, Zong-Ci
Administración Meteorológica China

ZHOU, Guangsheng
Instituto de Botánica, Academia de Ciencias de China

**Colombia**
POVEDA, Germán
Universidad Nacional de Colombia

**Cuba**
DÍAZ MOREJÓN, Cristóbal Félix
Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente

SUÁREZ RODRÍGUEZ, Avelino G.
Instituto de Ecología y Sistemática, Agencia de Medio Ambiente

**Dinamarca**
ERHARD, Markus
Agencia Europea del Medio Ambiente

MELTOFTE, Hans
Instituto Nacional de Investigación del Medio Ambiente, Universidad de Aarhus

PORTER, John R.
Universidad de Copenhague

**El Salvador**
MUNGUÍA DE AGUILAR, Martha Yvette
Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

**España**
ALONSO, Sergio
Universitat de las Islas Baleares

ANADÓN, Ricardo
Universidad de Oviedo

HERNÁNDEZ, Félix
IEG-CSIC
MARTÍN-VIDE, Javier
Departamento de Geografía Física de la Universidad de Barcelona

MORENO, José M.
Facultad de Ciencias del Medio Ambiente, Universidad de Castilla-La Mancha

RIBERA, Pedro
Universidad Pablo de Olavide

RODRÍGUEZ ÁLVAREZ, Dionisio
Junta de Galicia

### Estados Unidos

ANYAH, Richard
Universidad Rutgers

ATKINSON, David
Centro Internacional de Investigaciones Árticas, Universidad de Alaska, Fairbanks

BRIENO RANKIN, Verónica
GeoSeq International LLC

CHAPIN, III, F. Stuart
Universidad de Alaska, Fairbanks

CLEMENS, Steven
Universidad de Brown

CROWLEY, Tom
Universidad de Duke

DELHOTAL, Katherine Casey
RTI International

EPSTEIN, Paul
Escuela Médica de Harvard

EVERETT, John
Ocean Associates, Inc.

FAHEY, David
Laboratorio de Investigación de Ciencias de la Tierra de la NOAA

GURWICK, Noel
Carnegie Institution

HAAS, Peter
Universidad de Massachusetts

HEGERL, Gabriele
Universidad de Duke

KIMBALL, Bruce
Servicio de Investigaciones Agrícolas, USDA

KNOWLTON, Kim
Universidad de Columbia

LEE, Arthur
Chevron Corporation

LIOTTA, Peter
Pell Center for International Relations and Public Policy

MACCRACKEN, Michael
Climate Institute

MALONE, Elizabeth L
Pacific Northwest National Laboratory

MASTRANDREA, Michael
Universidad de Stanford

MATSUMOTO, Katsumi
Universidad de Minnesota

MATSUOKA, Kenichi
Universidad de Washington

McCARL, Bruce
Texas A & M University

MILLER, Alan
Corporación financiera Internacional CESEF

MOLINARI, Robert
Universidad de Miami

MORGAN, Jack
Crops Research Lab

MURPHY, Daniel
Laboratorio de Investigación sobre el Sistema Tierra de la NOAA

NADELHOFFER, Knute
Universidad de Michigan

NEELIN, J. David
UCLA

OPPENHEIMER, Michael
Universidad de Princeton

PARK, Jacob
Universidad de Green Mountain

PARKINSON, Claire
Centro de vuelos espaciales de Goddard de la NASA

ROBOCK, Alan
Universidad de Rutgers

SCHWING, Franklin
Departamento de Comercio de los Estados Unidos

SHERWOOD, Steven
Universidad de Yale

SIDDIQI, Toufiq
Global Environment and Energy in 21st century

SIEVERING, Herman
Universidad de Colorado

SOULEN, Richard

TRENBERTH, Kevin
Centro nacional de investigaciones atmosféricas

### Federación de Rusia

GYTARSKY, Michael
Instituto sobre Clima Mundial y Ecología

### Filipinas

OGAWA, Hisashi
Oficina Regional para el Pacífico occidental de la Organización Mundial de la Salud

TIBIG, Lourdes
Administración de Servicios Atmosféricos, Geofísicos y Astronómicos de Filipinas

### Francia

CAMPBELL, Nick
ARKEMA SA

CANEILL, Jean-Yves
Electricité de France

DE T'SERCLAES,
Agencia Internacional de Energía de Filipinas

DOUGUÉDROIT, Annick
Universidad de Provenza

HEQUETTE, Arnaud
Universidad del Litoral de la Costa de Ópalo

LENOTRE, Nicole
Bureau de recherches géologiques et minières

MUIRHEID, Ben
International Fertilizer trade Association
Universidad del Litoral de la Costa de Industria de los Fertilizantes

PHILIBERT, Cédric
Agencia Internacional de Energía

PLANTON, Serge
Météo-France

RILLING, Jacques
Centro Científico y Técnico de la Construcción

RUFFING, Kenneth

**Hungría**

BÉLA, Nováky
Universidad Szent István

SOMOGYI, Zoltán
Instituto Húngaro de Investigaciones Forestales

**India**

ROY, Joyashree
Universidad de Jadavpur

SHARMA, Upasna
Instituto de Tecnología de India, Bombay

SRIKANTHAN, Ramachandran
Laboratorio de Investigación Física

**Irlanda**

FINNEGAN, Pat
Greenhouse Ireland Action Network

TOL, Richard
Instituto de investigaciones económicas y sociales

**Italia**

CASERINI, Stefano
Politécnico de Milán

MARIOTTI, Annarita
Organismo Nacional de Nuevas Tecnologías, Energía y Medio Ambiente

RIXEN, Michel
Centro de Investigaciones Submarinas de la OTAN

**Jamaica**

CLAYTON, Anthony
Universidad de las Antillas

**Japón**

AKIMOTO, Keigo
Instituto de Investigación de Tecnologías Innovadoras para la Tierra

ALEXANDROV, Georgii
Instituto Nacional de Estudios Medioambientales
ANDO, Mitsuru
Universidad de Estudios Internacionales de Toyama

IKEDA, Motoyoshi
Universidad de Hokkaido

INOUE, Takashi
Universidad de Ciencias de Tokio

KOBAYASHI, Noriyuki
Universidad de Nihon (Escuela de Derecho)

KOBAYASHI, Shigeki
Toyota Research and Development Laboratories, Inc.

KOIDE, Hitoshi
Universidad de Waseda

KOMIYAMA, Ryoichi
Instituto de Economía Energética, Japón

MARUYAMA, Koki
Instituto Central de Investigación de la Industria Eléctrica

MASUI, Toshihiko
Instituto Nacional de Estudios Medioambientales

MATSUI, Tetsuya
Centro de Investigaciones de Hokkaido, Instituto de Investigación Forestal y de Productos Forestales

MIKIKO, Kainuma
Instituto Nacional de Estudios Medioambientales

MORI, Shunsuke
Universidad de Ciencias de Tokio

MORISUGI, Hisayoshi
Instituto de Investigación de Japón

NAKAKUKI, Shinichi
Compañía de Energía Eléctrica de Tokio

NAKAMARU, Susumu
Sun Management Institute

ONO, Tsuneo
Instituto Nacional de Investigación de Pesquerías de Hokkaido, Organismo de Investigación de Pesquerías

YAMAGUCHI, Mitsutsune
Universidad de Tokio
YOSHINO, Masatoshi

**Kenya**

DEMKINE, Volodymyr
PNUMA

**México**

OSORNIO VARGAS, Álvaro
Universidad Nacional Autónoma de México

**Moldova**

COROBOV, Roman
Instituto Moderno de Humanidades

**Nigeria**

ANTIA, Effiom
Universidad de Calabar

**Noruega**

ERIKSEN, Siri
Universidad de Oslo

HOFGAARD, Annika
Instituto Noruego de Investigaciones de la Naturaleza

KRISTJANSSON, Jon
Universidad de Oslo

**Nueva Zelandia**

CRAMPTON, James
GNS Science

GRAY, Vincent

SCHALLENBERG, Marc
Universidad de Otago

**Países Bajos**

BREGMAN, Bram
Organización de Investigación Aplicada de los Países Bajos

BRINKMAN, Robert

MARCHAND, Marcel
Delft Hydraulics

MISDORP, Robbert
Centro Internacional CZM, Ministerio de Transporte, Obras Públicas y Gestión de Recursos Hídricos

SCHYNS, Vianney
Cambio Climático y Eficiencia Energética, Grupo de apoyo sobre servicios públicos básicos

STORM VAN LEEUWEN, Jan Willem
Consultoría Ceedata

VAN NOIJE, Twan
Real Instituto Meteorológico de los Países Bajos

WORRELL, Ernst
Ecofys

## Perú

GAMBOA FUENTES, Nadia Rosa
Universidad Catolica Pontificia del Perú

## Portugal

DAS NEVES, Luciana
Universidad de Oporto

PAIVA, Maria Rosa
Universidad Nueva de Lisboa

RAMOS-PEREIRA, Ana
Universidad de Lisboa

## Reino Unido

ALLAN, Richard
Universidad de Reading

BARKER, Terry
Centro de Investigación sobre Mitigación del Cambio Climático de Cambridge

CLAY, Edward
Instituto de Desarrollo de Ultramar

CONVEY, Peter
British Antarctic Survey

CRABBE, M. James C.
Universidad de Bedfordshire

GILLETT, Nathan
Universidad de East Anglia

HAIGH, Joanna
Imperial College

HARRISON, Paula
Centro Universitario de Oxford sobre Medio Ambiente

HAWKINS, Stephen
Asociación de Biología Marina del Reino Unido

JEFFERSON, Michael
Red y Congreso Mundiales sobre Energía Renovable

JONES, Chris
Centro Hadley de la Oficina Meteorológica del Reino Unido

McCULLOCH, Archie
Universidad de Bristol

MORSE, Andy
Universidad de Liverpool

MUIR, Magdalena
Environmental and Legal Services Ltd.

PAAVOLA, Jouni
Universidad de Leeds

RAVETZ, Joe
Universidad de Manchester

SHINE, Keith
Universidad de Reading

SIMMONS, Adrian
Centro Europeo de Predicción Meteorológica a Medio Plazo

SIVETER, Robert
Asociación de la Indústria petrolera para la Conservación del Medio Ambiente

SMITH, Leonard Allen
London School of Economics

SPENCER, Thomas
Universidad de Cambridge

SROKOSZ, Meric
Centro Nacional de Oceanografía

STONE, Dáithí
Universidad de Oxford

STREET, Roger
Programas del Reino Unido sobre Impactos del Clima, Centro Universitario de Oxford sobre Medio Ambiente

USHER, Michael
Universidad de Stirling

WOODWORTH, Philip
Laboratorio Oceanográfico Proudman

## República Checa

HALENKA, Tomas
Facultad de Matemáticas y Física, Universidad Charles, Prague

## República de Corea

KIM, Suam
Universidad nacional de Pukyong

## Rumania

BORONEANT, Constanta
Administración Meteorológica Nacional

## Sudáfrica

TANSER, Frank
Centro de África sobre Salud y Estudios de Población
WINKLER, Harald
Centro de Investigaciones sobre Energía, Universidad de Ciudad del Cabo

## Suecia

LECK, Caroline
Departamento de Meteorología

MOLAU, Ulf
Universidad de Gotemburgo

MÖLLERSTEN, Kenneth
Organismo de Energía de Suecia

RUMMUKAINEN, Markku
Instituto de Meteorología e Hidrología de Suecia

WEYHENMEYER, Gesa
Universidad de Ciencias Agrícolas de Suecia

## Suiza

APPENZELLER, Christof
Oficina Federal de Meteorología y Climatología, MeteoSwiss

CHERUBINI, Paolo
Instituto Federal Suizo de Investigaciones WSL

FISCHLIN, Andreas
Ecología de Sistemas Terrestres, ETH

Zúrich
JUERG, Fuhrer
Estación de Investigaciones Agroscópicas ART

MAZZOTTI, Marco
ETH Zurich

ROSSI, Michel J.
Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne

### Tailandia

HENOCQUE, Yves
Departamento de Pesquerías

SCHIPPER, Lisa
Centro Regional START del Sureste de Asia, Universidad de Chulalongkorn

### Turquía

SENSOY, Serhat
Servicio Meteorológico Estatal de Turquía

### Organizaciones internacionales

LLOSA, Silvia
Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres

McCULLOCH, Archie
Cámara de Comercio Internacional

SIMS, Ralph
Agencia Internacional de Energía

SINGER, Stephan
WWF International

STEFANSKI, Robert
Organización Meteorológica Mundial

YAN, Hong
Organización Meteorológica Mundial

## V.2 Revisores

El cometido de los revisores es asegurarse de que todos los comentarios importantes de expertos y gobiernos son adecuadamente tenidos en cuenta por el grupo de redacción principal. Para cada Tema del presente Informe de síntesis se nombró a dos revisores. Estos confirman que todos los comentarios fueron examinados conforme a los procedimientos del IPCC.

### Tema 1

JALLOW, Bubu Pateh
Departamento de Recursos Hídricos
GAMBIA

KAJFEZ -BOGATAJ, Lucka
Universidad de Ljubljana
ESLOVENIA

### Tema 2

BOJARIU, Roxana
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
RUMANIA

HAWKINS, David
Consejo de Defensa de los Recursos Naturales Centro sobre el Clima
ESTADOS UNIDOS

### Tema 3

DIAZ, Sandra
CONICET-Universidad Nacional de Córdoba
ARGENTINA

LEE, Hoesung
COREA DEL SUR

### Tema 4

ALLALI, Abdelkader
Ministerio de Agricultura, Desarrollo Rural y Pesca
MARRUECOS

ELGIZOULI, Ismail
Consejo Superior del Medio Ambiente y de Recursos Naturales
SUDÁN

### Tema 5

WRATT, David
Instituto Nacional del Agua y de Investigaciones Atmosféricas
NUEVA ZELANDIA

HOHMEYER, Olav
Universidad de Flensburg
ALEMANIA

### Tema 6

GRIGGS, Dave
Universidad de Monash
AUSTRALIA/REINO UNIDO

LEARY, Neil
Secretaría Internacional del START
ESTADOS UNIDOS

# Anexo VI

## Índice

# Anexo VII

## Publicaciones del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

### Informes de evaluación

#### Cuarto Informe de Evaluación

**Cambio climático 2007: Base de las Ciencias Físicas**
Contribución del Grupo de trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación

**Cambio climático 2007: Impacto, Adaptación y Vulnerabilidad**
Contribución del Grupo de trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación

**Cambio climático 2007: Mitigación del Cambio Climático**
Contribución del Grupo de trabajo III al Cuarto Informe de Evaluación

**Cambio climático 2007: Informe de síntesis**
Contribuciones de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de Evaluación

#### Tercer Informe de Evaluación

**Cambio climático 2001: La base científica**
Contribución del Grupo de trabajo I al Tercer Informe de Evaluación

**Cambio climático 2001: Impactos, adaptación y vulnerabilidad**
Contribución del Grupo de trabajo II al Tercer Informe de Evaluación

**Cambio climático 2001: Mitigación**
Contribución del Grupo de trabajo III al Tercer Informe de Evaluación

**Cambio climático 2001: Informe de síntesis**
Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Tercer Informe de Evaluación

#### Segundo Informe de Evaluación

**Climate Change 1995: The Science of Climate Change**
Contribución del Grupo de trabajo I al Segundo Informe de Evaluación

**Climate Change 1995: Scientific-Technical Analyses of Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change**
Contribución del Grupo de trabajo II al Segundo Informe de Evaluación

**Climate Change 1995: The Economic and Social Dimensions of Climate Change**
Contribución del Grupo de trabajo III al Segundo Informe de Evaluación

**Cambio climático 1995: Síntesis del Segundo Informe de Evaluación del IPCC sobre la información científica y técnica pertinente para interpretar el Artículo 2 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático**
Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Segundo Informe de Evaluación

#### Informe suplementario del Primer Informe de Evaluación

**Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment**
Informe suplementario del Grupo de trabajo I del IPCC sobre evaluación científica

**Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Impacts Assessment**
Informe suplementario del Grupo de trabajo II del IPCC sobre evaluación de impactos

**Cambio climático: Las evaluaciones del IPCC de 1990 y 1992**
Panorámica general del Primer Informe de Evaluación del IPCC y resúmenes para responsables de políticas, e informe suplementario del IPCC de 1992

#### Primer Informe de Evaluación

**Climate Change: The Scientific Assessment**
Informe del Grupo de trabajo I de evaluación científica del IPCC, 1990

**Climate Change: The IPCC Impacts Assessment**
Informe del Grupo de trabajo II del IPCC sobre evaluación de impactos, 1990

**Climate Change: The IPCC Response Strategies**
Informe del Grupo de trabajo III del IPCC sobre estrategias de respuesta, 1990

### Informes especiales

**La captación y el almacenamiento de Dióxido de Carbono** 2005

**La protección de la Capa de Ozono y el Sistema Climático Mundial: Cuestiones relativas a los hidrofluocarbonos y a los perfluorocarbonos** (Informe conjunto IPCC/GETE), 2005

**Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura** 2000

**Escenarios de emisiones,** 2000

**Cuestiones metodológicas y tecnológicas en la transferencia de tecnología,** 2000

**La aviación y la atmósfera global,** 1999

**Impactos regionales del cambio climático: evaluación de la vulnerabilidad,** 1997

**Climate Change 1994: Radiative Forcing of Climate Change and an Evaluation of the IPCC IS92 Emissions Scenarios** 1994

### Guías Metodológicas y directrices técnicas

**2006 Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero del 2006 (cinco volúmenes),** 2006

**Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types** 2003

**Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura,** 2003

**Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero,** 2000

**Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero - versión revisada en 1996 (**tres volúmenes**),** 1996

**IPCC Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptations** 1995

**Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (**tres volúmenes**),** 1994

**Preliminary Guidelines for Assessing Impacts of Climate Change** 1992

**Assessment of the Vulnerability of Coastal Areas to Sea Level Rise – A Common Methodology** 1991

## Documentos técnicos

**Cambio climático y biodiversidad**
Documento Técnico 5 del IPCC, 2002

**Implicaciones de las propuestas de limitación de emisiones de $CO_2$**
Documento Técnico 4 del IPCC, 1997

**Estabilización de los gases atmosféricos de efecto invernadero: Implicaciones físicas, biológicas y socioeconómicas**

Documento Técnico 3 del IPCC, 1997

**Introducción a los modelos climáticos simples utilizados en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC**
Documento Técnico 2 del IPCC, 1997

**Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático**
Documento Técnico 1 del IPCC, 1996

## Material suplementario

**Global Climate Change and the Rising Challenge of the Sea**
Subgrupo sobre gestión de zonas costeras del grupo de trabajo del IPCC sobre estrategias de respuesta, 1992

**Escenarios de emisiones**
Preparado por el grupo de trabajo del IPCC sobre estrategias de respuesta, 1990

Para una lista más completa del material suplementario publicado por el IPCC (informes de cursillos y reuniones), puede consultarse la dirección www.ipcc.ch, o entrar en contacto con la Secretaría del IPCC.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) fue establecido conjuntamente por la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente con objeto de exponer de manera fidedigna y a nivel internacional los conocimientos científicos sobre el cambio climático. Las evaluaciones periódicas del IPCC acerca de las causas, impactos y posibles estrategias de respuesta ante el cambio climático constituyen los informes más completos y actualizados disponibles sobre esa materia, y son la referencia más habitual para todos los interesados por el cambio climático en el ámbito académico, gubernamental e industrial en todo el mundo. El presente Informe de síntesis constituye el cuarto elemento de los que integran el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC: "Cambio Climático 2007". Mediante la labor de tres Grupos de trabajo, centenares de expertos internacionales evalúan en el presente Informe el cambio climático. Las contribuciones de los tres grupos de trabajo pueden obtenerse en Cambridge University Press:

*Cambio climático 2007: Base de las Ciencias Físicas*
Contribución del Grupo de trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC
(ISBN 978 0521 88009-1, edición en rústica; 978 0521 70596-7, edición de bolsillo)

*Cambio climático 2007: Impacto, Adaptación y Vulnerabilidad*
Contribución del Grupo de trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC
(ISBN 978 0521 88010-7, edición en rústica; 978 0521 70597-4, edición de bolsillo)

*Cambio climático 2007: Mitigación del Cambio Climático*
Contribución del Grupo de trabajo III al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC
(ISBN 978 0521 88011-4, edición en rústica; 978 0521 70598-1, edición de bolsillo)

---

*La publicación Cambio Climático 2007 - Informe de síntesis* está basada en las evaluaciones de los tres Grupos de trabajo del IPCC, y ha sido escrita por un equipo de redacción básico de autores específicamente dedicados a ello. Proporciona una panorámica integrada del cambio climático, y en él se abordan los temas siguientes:

- Cambios observados en el clima, y sus efectos
- Causas del cambio
- El cambio climático y sus impactos a corto y largo plazo, según diferentes escenarios
- Opciones y respuestas de adaptación y de mitigación, e interrelación con el desarrollo sostenible a nivel mundial y regional
- La perspectiva a largo plazo: aspectos científicos y socioeconómicos relativos a la adaptación y a la mitigación, en concordancia con los objetivos y disposiciones de la Convención y en el contexto del desarrollo sostenible
- Conclusiones sólidas, incertidumbres clave